

産学共創プラットフォーム 共同研究推進プログラム（OPERA）

終了報告書（公開版）

研究領域名称		大規模都市建設における日常から災害時まで安心して社会活動が継続できる技術の創出
共創コンソーシアム名称		社会活動継続技術共創コンソーシアム
幹事機関		国立大学法人 東京工業大学
プロジェクト担当組織		研究・産学連携本部
領域統括	氏名	山田 哲（～2020.3） 吉敷 祥一(2020.4～)
	所属機関	東京工業大学
	部署	科学技術創成研究院
	役職	教授
コンソーシアム HP		http://www.softech.titech.ac.jp/

令和4年5月31日

目次

エグゼクティブサマリー	4
1 技術・システム革新シナリオ	6
2 研究領域及びキーテクノロジー	8
3 共創コンソーシアム	10
3.1 産学共同研究における費用負担の適正化・管理業務の高度化	10
3.1.1 構築した仕組みの概要及び運用状況	10
3.1.2 得られた効果	11
3.1.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針	11
3.2 共創コンソーシアムにおける知的財産の取り扱いルールの方針	12
3.2.1 構築した仕組みの概要及び運用状況	12
3.2.2 得られた効果	13
3.2.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運営方針	13
3.3 人材育成についての方針	14
3.3.1 構築した仕組みの概要及び運用状況	14
3.3.2 得られた効果	15
3.3.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針	15
3.4 機関連携・協力体制についての方針	17
3.4.1 構築した仕組みの概要及び運用状況	17
3.4.2 得られた効果	17
3.4.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針	18
3.5 参画機関の管理方針	18
3.5.1 構築した仕組みの概要及び運用状況	18
3.5.2 得られた効果	18
3.5.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針	19
4 プロジェクト終了後の継続的な発展に向けた取組について	20
5 研究開発の状況	22
5.1 研究開発課題 1-1、1-2 「ダンパーの最適化手法の開発」	26
5.1.1 マイルストーンと達成状況	26
5.1.2 最終目標に対する成果の詳細	27
5.1.3 プロジェクト終了後の活動方針	28
5.2 研究開発課題 1, 1-3, 1-4 「極大地震にも主要構造の無損傷を実現するイノベーション：RC 造建築物の実大実験」	29
5.2.1 マイルストーンと達成状況	29
5.2.2 最終目標に対する成果の詳細	30
5.2.3 プロジェクト終了後の活動方針	37

5.3 研究開発課題 1-5、1-6 「コンクリート杭の耐震性」	38
5.3.1 マイルストーンと達成状況	38
5.3.2 最終目標に対する成果の詳細	39
5.3.3 プロジェクト終了後の活動方針	40
5.4 研究開発課題 1-7、1-8 「高強度鋼繊維補強コンクリート (SFRC) 柱の耐震性」	41
5.4.1 マイルストーンと達成状況	41
5.4.2 最終目標に対する成果の詳細	42
5.4.3 プロジェクト終了後の活動方針	43
5.4.4 その他	43
5.5 研究開発課題 2 「先端耐震部材の実大性能検証実験法」	44
5.5.1 マイルストーンと達成状況	44
5.5.2 最終目標に対する成果の詳細	45
5.5.3 プロジェクト終了後の活動方針	49
5.5.4 その他	49
5.6 研究開発課題 3 「設備・非構造部材の損傷抑制・早期修復」	50
5.6.1 マイルストーンと達成状況	50
5.6.2 最終目標に対する成果の詳細	52
5.6.3 プロジェクト終了後の活動方針	60
5.6.4 その他	61
5.7 研究開発課題 4 「日常から非日常までの安全・機能モニタリング」	62
5.7.1 マイルストーンと達成状況	62
5.7.2 最終目標に対する成果の詳細	63
5.7.3 プロジェクト終了後の活動方針	64
5.7.4 その他	64
5.8 研究開発課題 5 「安全・情報を安心につなげる手法の確立」	65
5.8.1 マイルストーンと達成状況	65
5.8.2 最終目標に対する成果の詳細	66
5.8.3 プロジェクト終了後の活動方針	74
5.8.4 その他	74
6 非競争領域からの展開（活動実績）	75
7 社会実装に向けたロードマップ	76
8 領域統括によるプロジェクト総括と今後の展望	77
9 特殊用語等の説明	79

エグゼクティブサマリー

本プロジェクトでは、超高層建築に代表される、1棟で小規模な都市レベルの人口を抱えると共に、社会・経済の中核機能を担うことも多い大規模都市建築を対象として、巨大地震に代表される自然災害に対しても機能維持を実現し、社会活動の継続を実現するための研究開発を行ってきた。研究開発の対象として、物理的な建物（構造物）から、建物内の人の心理・生理反応まで幅広く扱う必要があり、建築分野、電気電子分野といった工学の諸分野から心理学まで、様々な専門家や企業が、問題意識・情報などを齟齬なく共有して研究開発を進めてきた。5つの研究開発課題のグループを設置したが、縦割りに陥ることを避け、組織間、課題間の連携を重視した一体的な運営を行った。また、人材育成面では、毎年20数名の博士課程学生をRAとして雇用し、研究成果の発表の場として若手ワークショップを開催すると共に、国際会議への参加支援を行ってきた。雇用した博士学生が大学教員（助教）、国立研究開発法人の研究員、あるいは日本学術振興会特別研究員（DC）に採択されるなどの事例が出ており、着実な研究成果の蓄積が評価されていると言える。

特筆すべき研究開発成果を以下に示す。

【研究開発課題 1】 構造部材の損傷軽減に効果のある制振ダンパーにおける長時間の揺れによる性能低下を再現できる解析モデルの構築、および配置方法ごとの性能明示に成功した。その他、現行の耐震設計において終局強度を検討していないコンクリート杭に対して、その終局状態までの耐震性能を評価すると共に、高強度 SFRC（鋼繊維補強コンクリート）柱の実用化を進めた。

【研究開発課題 2】 鉄骨造接合部、コンクリートパイルキャップ（杭頭部）、免震支承、それぞれの実大・縮小試験体を用いた破壊実験により「構造部材のスケール効果の解明」に関する基礎的な知見を得た。また、この実験実施に際し、製造施設と研究施設とでは実験装置の摩擦除去の方法が異なり、得られる実験結果に差異が生ずることが明らかとなった。さらに、現段階で提案されている実験装置案（免震研究推進機構案）に対する拡張方法を示した。

【研究開発課題 3】 経年劣化を考慮した天井の耐震性能評価における指標とその閾値を明らかにした。また、斜め天井やシステム天井といった天井を用いた振動台実験や数値モデル解析を進め、崩落に至るまでのメカニズムを明らかにした。さらに、軽量鉄骨下地間仕切り壁（LGS 壁）の面内変形に対する変形追従性能、面外慣性力に対する接合部を含めた耐力を把握するとともに、それらの相互作用を解明した。これらの研究成果を耐震設計施工ガイドラインとして整理した。

【研究開発課題 4】 光ファイバを中心とした基礎計測技術の研究開発に加え、研究開発課題 1、3 と連動した活動を行った。既存のセンサを活用することで、鉄筋コンクリート造（RC）壁の損傷検知、天井の経年劣化検知、LGS 壁におけるボードの一体性喪失の検知、などが可能となった。

【研究開発課題 5】 赤外線センサと加速度センサを併用し、建物における滞在者の移動、および滞在者の分布を把握するための手法を検討した。疑似地震体験において被験者の心理生理的反応を定量的に把握し、揺れの継続時間に関する情報が不安を軽減するのに効果的であることを明らかにした。また、同時に被験者の視線計測により、動きのある部分を注視する傾向にある等、情報伝達方法に関する基礎データが得られた。

【共通実験による成果】 2019 年度から計画を開始し、2020 年度に研究開発課題 1、3、4、5 の共通課題を検討するための実大 RC 部分架構の載荷実験を実施した（図 1）。実験結果より層間変形角ごとの「小損傷」「中損傷」「大損傷」の状態を把握でき、また RC 架構内における LGS 間仕切り壁の変形追従メカニズム、および鋼製ドアの機能限界と開閉困難を誘発する弱点部分の解明に成功した。さらに、タイル表面に表れるひび割れ状況と RC 躯体におけるひび割れ状況の関係を明らかにし、被災時の観察・評価に資する実験データを得た。

【実建物への適用】 最終年度（2021 年度）の段階では、研究開発課題 1 の成果を反映するため、

東工大すずかけ台キャンパス高層棟（J2・J3 棟）における加速度計の同期、および統合を進めている（図 2）。また、研究開発課題 3 にて進めている非構造部材のモニタリングの具体的な適用として、中間階に相当する 7 階居室において、システム天井、および軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁（LGS 壁）それぞれの加速度について常時観測を開始した。実建築物における非構造部材（天井、LGS 壁）の常時観測は、世界初の試みであり、これまでの研究開発成果の実証事例の一つである。

一方、研究開発課題 4、5 にて進めている滞在者の動き、情報伝達方法については、萌芽的側面があるため、基礎データの取得に専念している。特に居住者の動き、滞在者の建築物内での分布を把握するため、昨年度から実施している低層建築物である東京工業大学緑が丘キャンパス 1 号館での実測を継続し、2～3 年後を目標にアルゴリズムの完成を目指し、その後、すずかけ台キャンパスの高層建築物である J2/J3 棟へと展開する。

以上、過去 5 年間の研究成果により、一部の実建物への実装を含め、実用化あるいは世界初の試みが行われており、領域統括として十分な研究開発の成果が得られたと評価している。

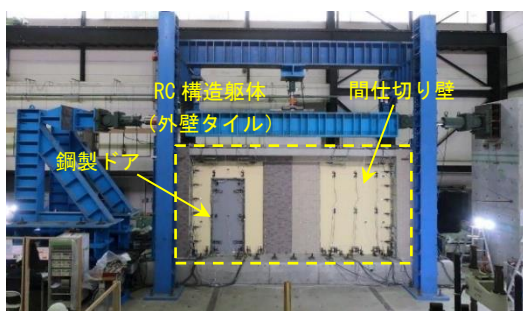


図 1 複数の課題間で実施した共通実験

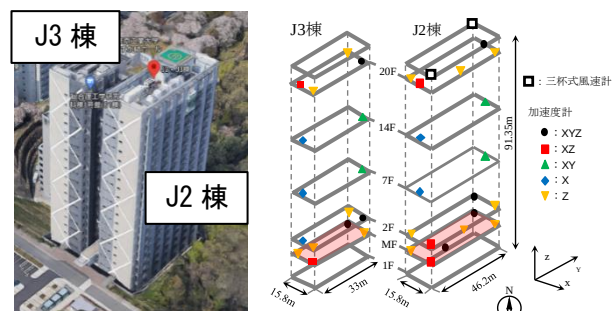


図 2 超高層建物における加速度計等の設置

プロジェクト終了後のコンソーシアムの展望

研究開発課題 1、3、4、5 より得られた大規模都市建築物のモニタリングシステムは、最終的には、2032 年にグランドオープンを予定している東京工業大学の田町複合施設

(<https://www.titech.ac.jp/news/2021/049201>) への実装を目指す。その間、すずかけ台キャンパス J2/J3 棟における地震・強風観測のデータを収集して広く世界に発信するとともに、継続的な技術開発を行う。これらは、本コンソーシアムの仕組みを維持しながら実施する。

もう 1 つの社会実装に向けた取り組みとして、実大構造物の性能検証用の実大加力実験装置の実現を目指す。現状では、制振部材や免震部材に特化した仕様にて実験装置の実現が検討されている。これまで 3 大学 14 企業から 5 大学 40 社まで拡大してきた本コンソーシアムは、2019 年 10 月に立ち上げた大型加力施設コンソーシアムと一体となるとともに、（一財）免震研究推進機構とも協力し、実大加力実験装置の仕様拡張について具体的な方法の検討を続ける（図 3）

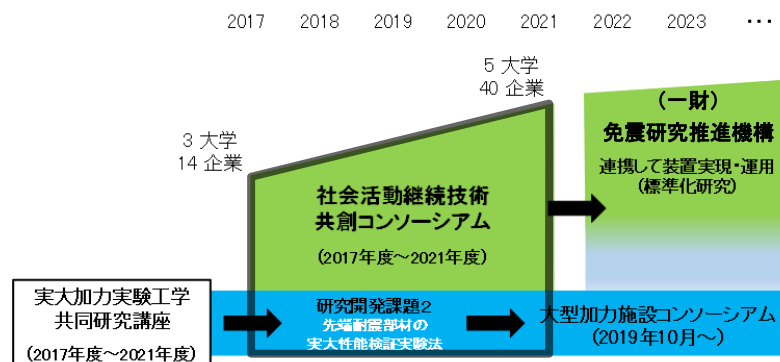


図 3 プロジェクト終了後のコンソーシアムの展望

1 技術・システム革新シナリオ

本コンソーシアムにおいては、建物内に小規模な都市に相当する多くの人口を抱え、経済活動・行政機能をはじめとする社会活動の中枢を担うとともに生活基盤ともなっている、超高層建物に代表される大規模都市建築を対象に、地震に代表される様々な自然災害に対するレジリエンスを高め、災害直後も機能を維持することで社会活動を停止させることを防ぐ技術の創出と社会実装を目指して活動を開始した。

研究開発開始後の社会状況の変化の中で、大規模都市建築における実用的な防災技術を検討する上で重要な防止行政との連携・対応については、東日本大震災(2011年)ならびに熊本地震(2016年)を受けて、防災拠点となるような施設における災害時の機能維持に対して、国土交通省(住宅局建築指導課)から「防災拠点等となる建築物に係る機能継続ガイドライン」(新築建物を対象としたガイドライン 2018年5月、既存建物を対象とした追補版 2019年6月)が公表され、これまでの災害時に人命を守るための最低基準を規定してきた建築行政においても機能維持の目標が示されるなど、本コンソーシアムで目指す防災機能の向上に対する社会的な意識だけでなく、具体的な行動の必要性が認められるようになってきた。上記ガイドラインの策定にあたっては、本コンソーシアムのメンバーである山田(副領域統括)、清家(課題3)も議論に加わっており、議論された内容は本コンソーシアムにおける活動に反映してきた。また、文部科学省(大臣官房文教施設部)における防災拠点ともなる公立学校の耐震性能向上への取り組みも、文部科学省独自の取り組みだけでなく、国土交通省と連携した取り組みも合わせ、本コンソーシアムのメンバーである山田(副領域統括)、前田(課題1代表)、伊山(課題5代表)、中埜(課題1)、清家(課題3)らが継続的に貢献しており、現在も本コンソーシアムでの研究成果も踏まえ協力している。内閣府ほか各省庁・自治体への協力も含め、防災力向上に関わる具体的施策は、計画段階から実質的に連携をとって進めており、プロジェクト開始後も連携をとっている。本 OPERA 事業の計画段階で、最新の状況を先取りする形で反映していたことから、プロジェクト全体でのシナリオへの影響は無い。

また、類似の国プロや国研での研究開発の状況であるが、同時期(平成29年)に立ち上がり国立研究開発法人防災科学技術研究所を拠点として実施されている「首都圏を中心としたレジリエンス総合力向上プロジェクト」では、サブ課題において、都市の防災拠点となる建物(行政庁舎、病院、体育館、帰宅支援ステーション等)における安全点検の自動化並びに避難者の迅速な安全確保、都市の中枢をなす建物の機能維持といった研究開発が進められている。一方対象となる建物は中低層規模の鉄筋コンクリート造が中心であり、非構造部材も湿式(接着により接合されるもの)が中心である。本プロジェクトでは超高層建築を中心に扱い、非構造部材も乾式(ボルト等で接合されるもの)が中心であるなど、研究対象に差異があり、先方の研究が本プロジェクトのシナリオ影響を与える状況には無い。また、官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)には「建設・インフラ維持管理/防災・減災領域」が設けられているが、インフラを中心に都市規模での防災戦略を構築するプロジェクトであり、個別の建物を対象に研究を進める本コンソーシアムの取り組みとは将来的に連結することも想定されるが、扱うスケールが大きく異なることから、現時点では接点は見いだしがたく、またシナリオの変更をとまうような影響は受けないとする。このほか、国立研究開発法人建築研究所とは、領域統括(吉敷)をはじめ多くのメンバーが本コンソーシアムとは異なる課題で共同研究を継続的に行っている。本コンソーシアムへの参画への同意は得られていないが、研究で競合している点はなく、シナリオの見直しが必要となる状況は無い。関連分野における研究の動向には引き続き注視しつつ、研究開発を進めていく。

一方、研究開発を推進していく中での深化・具体化であるが、これまでの実績がある上で研究開発を進めてきた構造体の耐震性向上に関する研究(キーテクノロジー1「建築構造体の安全の

確保」)については、長周期地震動による性能低下を考慮した体系的な数値解析により、耐震性能を高める上で必要なダンパー量やその配置を評価できているなど、実務設計に直結する成果が得られて着実に研究開発が進められており、シナリオの見直しの必要性はなかった。

また、大規模都市建築に用いられる大型部材の安全性検証方法を確認するための研究(キーテクノロジー2「耐震部材の安全実証」)においては、当初の計画では性能検証のための実大実験装置の実現を目指す記述となっていたが、本プロジェクトでは、実大実験装置の実現に向けた活動の一環として実大実験装置の必要性を示すための「構造部材におけるスケール効果の解明」に関する学術的な基礎検討を主として行った。実大実験装置建設に必要な予算の獲得は本プロジェクトに含まれないことによる変更である。そのため、マイルストーンの記述を具体的な活動に合わせて修正している。

建物の機能維持を実現する上で欠かせない、設備機器・非構造部材の耐震性能の向上に関する研究(キーテクノロジー3「建物設備の機能維持」)については、耐震工学において研究の遅れていた領域であった。本プロジェクトにて体系的な研究に精力的に取り組んだことにより、直接人と接する天井材や壁材に関して、耐震性能や経年劣化を評価する上で必要な物理量の把握、閾値の解明、あるいは耐震設計に必要な力学モデルの構築といった成果が得られた。計画段階では暗中模索の部分が多く、計画内容に具体性が乏しかったが、技術として見える形での成果が出てきたため、具体性を持った形でマイルストーンの記述を修正した。最終目標についての変更はない。

建物の安全性や機能性、災害時に中にいる人の把握のためのセンシング技術に関わる研究(キーテクノロジー4「安全・機能の数値化」)においては、これまで接点が無かったセンシングに関わる研究者が、建築に関する研究者と協力して研究開発に取り組んだ。当初の計画では、具体的に何をどこまでできるのか、またやらなければいけないのかといった点が見えておらず具体性の乏しい計画となっていたが、他の研究開発課題におけるデータ計測への協力を通じて課題が整理され、既製のセンサを活用した効率的なモニタリング技術構築に向けた計画の再構築を行った。また、表には表れていないが、研究開発課題1、3との連動による活動も大きい。研究開発課題としての大きな目標として、モニタリングシステム構築は変わっていない。

最後に、モニタリングで得られた情報を発信する技術に関わる研究(キーテクノロジー5「社会活動維持のための「安心」の実現」)においても、文理融合での研究を新たに立ち上げたことから、当初の計画では、具体的に何をどこまでできるのか、またやらなければいけないのかといった点が見えておらず具体性の乏しい計画となっていたが、課題の整理を行い、(1)構造性能レベル、機能維持レベルの定量化、(2)心理生理作用的反応の定量化、(3)避難支援のための情報提供の3つのサブテーマを立て、研究開発を進めてきた。研究の進捗に伴い具体性は出てきており、大きな目標やシナリオの変更はない。

2 研究領域及びキーテクノロジー

前章で述べたように、プロジェクト全体での目標設定ならびにシナリオについて変更点はないが、個別の研究課題においては、研究開発を進めていく中で、全体の計画への影響がない範囲での見直しを行った。

キーテクノロジー1「建築構造体の安全の確保」と、それに対応する研究開発課題1「極大地震にも主要構造の無損傷を実現するイノベーション」については、プロジェクトの期間を通じての目標達成に関わる変更はないが、東京オリンピックによる建設資材不足、さらには働き方改革の実施による建設業務の大幅な遅延、それらによる価格の高騰などの影響を受け、実験による検証が遅れた。建築構造を再現した実験は、通常期においても、計画・設計に数ヶ月から半年程度、材料手配・製作にも半年程度を要し、2年度目に実験の実施となるように、長い時間を要することから、計画を組み直した場合にはどうしても年単位の影響を受けた。他の研究課題と連携した大規模な実験を小分けにするなど計画の見直しを行うとともに、解析による検討を先行・充実させることで、プロジェクト全体の目標達成に影響が出ないよう進めてきた。また、目標達成のため、他の研究開発課題、特に非構造部材の耐震化をはかる研究開発課題3、計測技術の高度化を図る研究開発課題4と連携し、着実に研究を進めてきた。

キーテクノロジー2「耐震部材の安全実証」と、それに対応する研究開発課題2「先端耐震部材の実大性能検証実験法」については、大規模都市建築を構成する大型構造部材の性能検証の必要性は世界中で認められており、海外における大型実験装置の建設や、実大規模での性能検証実験が世界中で求められていくことになる状況に変わりはない。我が国の建物の安全性検証だけでなく、内需だけに頼ることのない関連産業の生き残りのためにも、大型部材の安全性を検証できる実験装置の実現は必要であるが、本コンソーシアムで行う活動は「大型実験装置の実現」そのものではなく、「大型実験装置の必要性を示すための学術的検証」であることから、研究開発課題の設定を見直した。大型実験装置実現に向けた研究開発の内容を絞り込んで具体化したという見直しであり、MSの表現も含め見直したが、研究開発活動には影響のない見直しである。

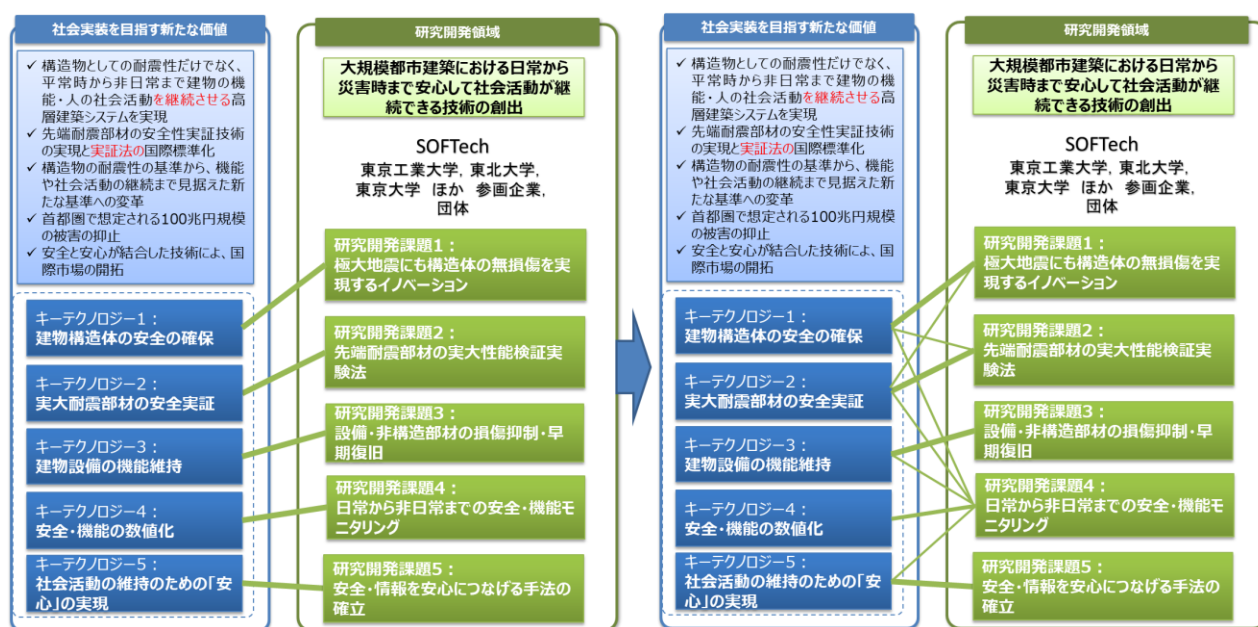
キーテクノロジー3「建物設備の機能維持」と、それに対応する研究開発課題3「設備・非構造部材の損傷制御・早期復旧」については、当該部材が居住空間を区切ることから24時間人のいる空間に接しており、安全に直結する天井と壁を主な対象として、耐震性能評価や、耐震設計法の確立に必要な力学モデルの構築、日常からの安全点検に必要な劣化診断法といった課題に取り組んできた。これらの中で、耐震性能評価ならびに力学モデルの構築については、実用化に耐える成果が得られている。一方、経年劣化診断においては、研究開発課題4の協力を得て様々な計測技術を試した。特に新しい試みであったが、具体的な判断指標とその閾値を提案できるまでに至った。研究を進める中でMSの記述を具体的にはしたものの、研究開発課題の再設定といった大きな変更ではなく、他の研究開発課題、特に計測技術の高度化を図る研究開発課題4と連携して研究開発を進めることができた。

キーテクノロジー4「安全・機能の数値化」と、当初計画において1対1に対応づけていた研究開発課題4「日常から非日常までの安全・機能モニタリング」については、計測技術という各研究開発課題共通の基盤技術でもある。コンソーシアムでの研究開発が進んでいく中で、他の研究開発課題との連携による研究開発の推進が占める割合が多くなった。具体的には、研究開発課題1における構造体内の損傷の検知や、研究開発課題3における非構造部材の劣化診断、研究開発課題5における様々な計測など、新しい計測を試みる中での貢献が大きい。既存のセンサの活用によるモニタリング技術は、アウトプットの部分を担当する研究開発課題5とともに、コンソーシアムの活動全体を支える課題として位置づけを見直した。

キーテクノロジー5「社会活動の維持のための「安心」の実現」と、それに対応する研究開発

課題5「安全・情報を安心につなげる手法の確立」については、課題の整理を行い、(1)構造性能レベル、機能維持レベルの定量化、(2)心理生理作用的反応の定量化、(3)避難支援のための情報提供の3つのサブテーマをたて研究を進めてきた。キーテクノロジー1においても述べたが、東京オリンピックを控えての建設資材不足、さらには働き方改革の実施による建設業務の大幅な遅延や価格の高騰の影響などにより、大型実験の実施が困難になった。そこで、振動台実験による他研究開発課題と連携した検証はとりやめ、研究開発課題5に特化した体験型の実験と、実際に使用されている建物での検証に変更した。目的を明確にした実験が実施できる点や実装した状況での検証と言う点での優位性があり、コンソーシアム全体で取り組む実験としては後退して見える点はあるが、研究開発としては前進させた修正となっている。これは手法に関する変更であり、研究開発課題の内容に関する変更ではない。

以上、各研究開発課題について、プロジェクト開始後の見直しの状況について記述したが、最終な目標を変更するといった根本的な変更はなく、いずれも、より具体的かつ効果的に研究を進めていくためのマイナーチェンジである。



スタート時に設定したキーテクノロジーと研究開発課題の関係

現在におけるキーテクノロジーと研究開発課題の関係

3 共創コンソーシアム

3.1 産学共同研究における費用負担の適正化・管理業務の高度化

3.1.1 構築した仕組みの概要及び運用状況

間接経費・一般管理費の計上ルール、運営方法について

東京工業大学

「産学官連携による共同研究強化のためのガイドライン」に基づき、平成31年度から新共同研究契約方式が導入された。新共同研究契約方式の主な観点は、①経費の見える化（とくに間接経費）、②戦略的産学連携経費の計上である。

- ① については、従前は一律直接経費の30%を間接経費とすることとしていたが、新方式では間接経費の用途ごとに、一定の算式により計上する積み上げ方式を採用することもできるようにした。
- ② については、これまで計上していなかった研究者の人件費相当額（エフォート率にて算出）、学内スペースの使用料、共同研究に関与するURA・コーディネーターの人件費、共同研究に関わる事務の人件費、知的財産権の管理にかかる経費等の産学連携活動に必要な経費等を計上できるようにした。

東京大学

東京大学では、組織対組織の大型共同研究である産学協創案件において、課題設定等などのための「ラウンドテーブル」やラボスペース等の運営経費、コーディネーター、URA等の人件費、その他支援業務を行うための経費に充当するため、これらを研究支援経費として、直接経費の30%で設定しており、またその他教育研究活動や共同研究支援の実施のために、個別の状況に応じて協議の上、柔軟に研究支援経費を設定している。

一方で従来の中・小規模の共同研究は、企業側においてあらかじめ契約上限金額が設定されているケースが多いため、直接経費が圧迫されることを避ける必要性から、規則上は直接経費の30%と規定されているが、当面の間は10%で運用していた。令和2年度から間接経費を30%に引き上げる事を決定し、産学共同研究の内容を改定した。

また、「戦略的産学連携経費」導入については、上記産学協創案件における研究支援経費との関係など解決すべき課題の多いため、引き続き検討することとしている。

東北大学

産学連携の推進・拡大に必要な資金の確保、組織的・本格的な大型共同研究の更なる拡大のため、産学連携機能の強化に要するコストを適切に積算し、持続可能な産学連携体制を構築することが必要である。

そこで東北大学では、「産学官連携による共同研究強化のためのガイドライン」で示されている教員人件費及び戦略的産学連携経費の考え方や、他大学における積算事例を参考として、教員人件費及び間接経費の積算の見直しを検討している。

具体的には、①アワーレート方式により教員人件費相当額を積算する、②企業に積算根拠を提示して共同研究の直接的な経費として負担を求め、学内的には事務処理負担増とならないよう、間接経費に積算する、③間接経費率の10%引き上げ（直接経費の10%から20%を標準とする）、などを検討し、令和元年から実施している。

東北大学は、必要な資金を確保することで、研究・企画支援強化（産学連携リエゾン配置等）、

知的財産マネジメント強化、施設・設備等の研究環境整備等を促進し、企業に費用負担に見合う新たな付加価値を提供していく。

芝浦工業大学

令和2年度新たに参画した芝浦工業大学においては、従来、共同研究費総額200万円までは、総額の13%、これを超える共同研究費については、総額の8%を間接経費としていた。また共同研究費が500万円以上の場合、教員の職位に応じた時給額（アワーレート）を定めこれに研究への従事時間をかけることによって算定する方法を導入している。
本プログラムでは間接経費は直接経費の30%を基本にしている。

このように各大学で定めた間接経費のルールに基づき、企業からの共同研究費の一部が間接経費として活用されている。本コンソーシアムに参画しているすべての企業や一般社団法人がその必要性を認識している。研究に直接関与する教員や学生だけでなく、URAや産学連携コーディネーターの活動がプロジェクト運営に重要であり、大学全体で戦略的にこうしたサポート要員の強化を図っている。

3.1.2 得られた効果

各大学とも経費の見える化、とくに間接経費の内容が開示されることによって、共同研究先の企業に理解が得られるようになり、30%の間接経費が標準化される下地ができた。

3.1.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針

戦略的産学連携経費については、間接経費との違いがまだ分かりにくい点があり、まだ十分に浸透していない。包括的な大型共同研究では本システムを導入したケースもあるが、規模の小さな共同研究では直接経費の割合（生身の研究費）が下がっていく懸念があるので、本戦略的産学経費の導入にはさらなるシステムの改良と企業の協力が必要となる。

3.2 共創コンソーシアムにおける知的財産の取り扱いルールの方針

3.2.1 構築した仕組みの概要及び運用状況

知財管理委員会（3 大学知財部長および領域統括、事務局で構成）にて、「社会活動継続技術共創コンソーシアム 知的財産権取扱規程」の原案を策定したうえで参画企業に照会し、平成 30 年 6 月に開催されたコンソーシアム総会で承認された。併せて、「社会活動継続技術共創コンソーシアム知財管理委員会運営規則」も制定した。両規約は「産学官連携による共同研究強化のためのガイドライン」知的財産の活用に向けたマネジメント強化のコンセプトに基づいた内容になっており、共同研究の成果を迅速にかつ効果的に社会に還元するシステムである。新規参画企業に対して、両規約内容を十分に説明し、承認を得たうえでコンソーシアム入会手続きを実施した。競争領域で得られた成果については、各大学の知財部門が特許出願の検討を行うとともに、非競争領域への移行について知財管理委員会に提案することにした。

1) プロジェクト実施期間中の取り扱い方針

・フォアグラウンド知財

- 権利は発明者主義に基づき決定する。
- 企業との共同発明は、当該企業との共有特許とし、出願、権利維持等の費用は両者の協議によって決定する。ただし、これらの共有特許は原則として非独占的实施とし、当該企業が出願、権利維持等の費用を全額負担する場合には不実施補償は求めないものとする。
- 本プロジェクトの研究開発のための利用においては、本コンソーシアム参画機関にて活用することが有効と判断される知財は、出願後に当該権利保有機関の支障の無い範囲内でコンソーシアム参画機関に公開し、原則無償で活用できる。
- 事業目的での利用においては、権利を保有する機関が、原則、本コンソーシアムの他の機関に実施許諾（有償）する。本コンソーシアム参画機関以外の機関に許諾等を行う場合よりも、その条件を何らから優遇する。

・バックグラウンド知財（本プロジェクトの開始前から保有していた知的財産権）

- 本プロジェクトにかかる研究開発活動に対しては、権利者は権利行使しない。
- 大学の保有するバックグラウンド知財に関しては、企業の事業目的の実施に対して、原則、非独占的实施許諾（有償）をする。

2) プログラム終了後の取扱い方針

本プログラムで蓄積された知的財産権をもとに、プログラム終了後は、本コンソーシアム参画機関等からの資金提供により自立的なコンソーシアムを設立する予定である。そのコンソーシアムの活動の一つが当該知的財産のライセンスおよび維持・管理となる。

3) 各大学等の知的財産部門との関係

個々の共同研究により発生した知的財産権は、当該共同研究を行っている各大学等にて出願、維持管理等を行う。非競争領域の知的財産として活用することが確認された知財については、共創コンソーシアムで設置する知財委員会においてその取扱いを定め、活用を図るものとする。

上記取扱い規程については、コンソーシアム参加メンバー全ての企業や社団法人に承認していただいた。企業、財団合わせて 40 社の参画がある中、数社メンバー企業においては、バックグラウンド、フォアグラウンド知財の取扱いが、コンソーシアムメンバーの共有になりかねないとの異論も

あったが、OPERA の基本コンセプトを十分に理解いただき、問題なく取り進めることができた。

3.2.2 得られた効果

知的財産取扱規程を制定したことにより、大学教員、企業研究者に対し本プログラムの基本戦略と最終出口の道筋が明確になった。知財取扱規程については、企業が保有するあるいは共有する成果についてプロジェクトを優先して提供することに懸念を示す企業があったが、OPERA の仕組みとそのコンセプトを説明することで、了承が得られた。

3.2.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運営方針

OPERA 終了後も可能な限り、本取扱規程を原則に活動していきたいが、発明の内容によっては独占実施を認めざるを得ないケースも出てくるであろう。プロジェクト終了後の研究成果に影響が小さければ、企業の要望も尊重したい。一般に建築業界では他業種に較べると知財の重要性がそれほど高くないと感じられる。本プロジェクトでは建築関連だけでなく、材料やセンサ、通信技術を含めた総合的な技術パッケージとして成果を権利化できるので、より付加価値の高い建築関連の特許として国内外に展開していく必要がある。

これまでの特許出願は 2 件（東工大と三井住友建設（株）の共同出願 1 件、東工大と（株）熊谷組との共同出願 1 件）ある。そのうち 1 件の発明については、企業側から独占的实施権の要求があり、それに応じることとなった。また、研究開発課題 2 の基本特許に関わる PCT 出願「3 軸動的試験機」については、各国移行を検討したが、最終的には日本のみの出願となった。

3.3 人材育成についての方針

3.3.1 構築した仕組みの概要及び運用状況

基本方針として、優秀な博士課程学生をできるだけ多く雇用し、研究活動・論文発表だけでなく、シンポジウムの運営などプロジェクト運営業務の経験を積ませることで、組織運営能力も備えた博士学生の育成を目指した。また、RAとして雇用した博士課程学生をはじめ、ポストドクター、助教などの若手研究者には、コンソーシアムで実施する共同研究への参加を促し、特定の企業・業種にとどまらない幅広い経験を積ませ、また人脈を作らせることで、将来の進路においても様々な選択肢を用意することを心がけた。人材育成の方針については、参画する大学で共通とした。

1) 優秀な学生等の参画を促すためのインセンティブ

優秀な博士課程の学生を積極的に RA として雇用し、コンソーシアムの活動に参画させている。優秀な学生の参画を促すためのインセンティブとしては、参画する大学共通で、特に優秀な学生については年間300万円程度、優秀な学生については年間200万円程度の報酬となるようにした。

初年度2017年度は12名、2018年度は東京工業大学で14名、東北大学で4名の合計18名を雇用した。2019年度にさらに拡大し、東京工業大学で20名、東北大学で4名の合計24名を雇用した。2020年、2021年度においても、それぞれ22名、16名の博士課程の学生を支援した。

なお、個別の企業と大学間の契約の範囲でプロテクトされた範囲を除く非競争領域における学術的な研究成果については、積極的に論文発表していくことを求めており、翌年度のRAとしての雇用の継続においては、発表論文を審査の材料とすることで、優秀な学生・若手研究者が継続的にインセンティブを得られるようにしてきた。

2) 若手研究者による研究成果の発信への取り組み

参画する大学共通で、博士課程の学生をはじめとする若手研究者には、積極的に研究成果を海外に発信することを推奨している。国際会議への論文投稿および発表について、投稿論文を審査した上で、参加費および旅費を支給し、若手研究者による主体的な研究推進、成果発表を促している。この制度は、若手研究者の国際学会での発表を促進するだけでなく、OPERAの宣伝にも大きく貢献した。

3) コンプライアンスへの対応

参画機大学共通で、プロジェクトに参画する学生については、各大学で実施する研究コンプライアンスに関する教育を受けることを必要条件とし、知財の扱いなどについて各大学で責任を持って指導している。また、個別の共同研究においても、守秘義務等の契約を結ばせるなどの対応を、共同研究ごとに行った。

4) 若手研究者による国際ワークショップの開催

コンソーシアムの共通行事として、博士課程学生および助教などの若手研究者に、海外の若手研究者との交流を推進するだけでなく、運営などの経験を積ませることも目的として、若手研究者の運営による国際ワークショップを年1回開催する企画を策定した。第1回若手研究者ワークショップは2019年2月、7名の若手研究者をフィリピンや中国から招聘し、60名を超える参加者があり盛大に開催された。第2回目は2020年2月に開催を予定したが、ちょうどコロナウィルスの感染が始まった時期で、海外からの招聘および大人数でのワークショップの実施は不可能とな

った。替わりに参加者の発表論文を HP にて公開し、論文を発表したと見なすことにした。その後も新型コロナの収束が認められず、海外の若手研究者との交流を深めるイベントは開催されていない。

3.3.2 得られた効果

人材の育成については、本コンソーシアムでは重要視しており、着実に進められていると考えている。研究成果の発信においては、引き続き国際会議等への派遣を支援し、また注目度の高い一流国際誌への論文投稿を勧めている。また、コンソーシアムを通じた若手研究者の交流の機会である国際ワークショップについても、コロナ収束を見極めて開催を検討したい。当初計画していた人材育成の活動はコロナ禍で大きな影響があったが、RA 雇用の推進によって経済的な側面での支援を実施できた。

3.3.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針

優秀な学生を研究提案書によって選定し、研究・生活の両面で学生を支援することは、本人のキャリアにも大きな影響がある。こうした人材育成の効果は本 OPERA プロジェクトである程度実証できたので、今後また建築関連で大型グラントを獲得した場合には積極的に取り入れる予定である。各大学においてもいろんな形で学生を支援する制度があるので、研究力を高める点においてもこうした制度を拡大し、学生の研究活動を積極的に支援することが求められる。

○ 参画学生等の状況リスト

・進路状況について、以下から選択してください。

- ① 進学、②就職(アカデミア)、③就職(OPERA の参画企業)、④就職(その他)

OPERA 全実施期間の参画学生総数：77 名

進路状況内訳

① 進学	48 名
② 就職 (アカデミア)	6 名
③ 就職 (OPERA の参画企業)	8 名
④ 就職 (その他)	15 名

3.4 機関連携・協力体制についての方針

3.4.1 構築した仕組みの概要及び運用状況

コンソーシアム全体が一体感を持って研究を推進できるよう、また、研究機関間、研究者間の風通しを良くし、確実に情報共有していく環境を整えた。そうしたことが新たな共創の芽を生み出していく事になり、非競争領域における研究においても大学ごとに研究領域を割り振る縦割りの組織構成はとらず、関連する研究者・技術者が協力して取り組む体制をとることで、組織横断的な研究チームを形成していった。横の連携を密にし、横断的な共同研究を推進していく中で、人材交流も進めている。なお、クロスアポイントについては、各大学において制度化され実施例も出てきているが、参画機関である民間企業との間では、中核となる分野である建築において超高層建築の設計や新材料などの国土交通大臣認定制度における評価員を大学教員が勤めることが法令で求められており、分野の有力者でもある主要メンバーが大臣認定制度の評価員からはずれる、あるいはこれから中核を担う優秀な若手教員が今後就任していく上での支障が生じることは社会貢献上問題があることから、積極的に活用できておらず今のところ実施例は無い。しかし、民間企業から大学への研究員受け入れをはじめ、雇用形態をとらない民間との交流は広く行っている。

研究設備については、本プロジェクトにおいて実験に向けた検討を行う先端大規模都市建築を支える技術である免震部材、制震装置や大型構造部材の性能を検証するための実大加力実験装置が共同利用型の施設を指向していること、また、本プロジェクトで実施を検討する大規模な実験は、個別の機関だけでは実施不可能であることから、参画機関共同で研究を実施することになる。なお、本プロジェクトの幹事機関である東京工業大学において中核を担う領域統括を努める研究者らは、現在も全国共同利用研究機関であるフロンティア材料研究所

(<https://www.msl.titech.ac.jp/>)で長年共同利用研究を実施してきた実績を有している。

3.4.2 得られた効果

研究開発課題間、研究機関間を横断したコンソーシアム全体での勉強会などから、新たな共同研究がスタートした。具体例としては、研究開発課題1に参画する戸田建設は東京工業大学の教員との間で基礎構造に関する共同研究を行ってきたが、研究開発課題5を中心とした地震時における心理的・生理的影響評価の実験の実施を担当し、東京大学との間で共同研究開始に向けた話し合いを行っている。研究開発課題4に参画したセンサメーカーである白山工業は、東工大全体で取り組む共同研究の一部として、研究開発課題に参加した。

また、研究開発課題1を中心として計画している共同実験においては、研究開発課題3、4、5に参画する研究者、企業も加わり計画を進めた結果、これまでは共同して研究を行うことがなかった研究者、企業による共同実験が実現できた。(図3.7.2-1)

共通実験における産学連携体制



図 3.7.2-1 共通実験を実施した時の産学連携体制

3.4.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針

横断的な運営により、これまで接点のなかった研究者・企業の交流の促進、そして新たな共同研究の創出といった成果が出てくるようになった一方で、組織が大きくなってきたことで、個々の構成員が全体を見渡すことが難しくなってきた面もある。課題間を横断した勉強会などの行事を様々なテーマや規模で行い、コンソーシアムの活動に新たな刺激を与え続けていくとともに、様々な切り口からコンソーシアムの活動を共有していくことに注力したい。

3.5 参画機関の管理方針

3.5.1 構築した仕組みの概要及び運用状況

ホームページ等で、コンソーシアムにおける活動を公開・発信していくとともに、参加する個々の研究者と企業等との繋がりを活かし、新規参画機関の勧誘活動を行ってきた。

コンソーシアム全体では、前述したように、課題ごと、機関ごとといった縦割りの運営を避け、横に繋げた風通しの良い体制を構築することで、参画機関間、研究者間の接点を設ける機会を多くすることを、一つのメリットとして示している。

参画機関の中途脱退については、経営状況などの要因からある程度は発生すると思われるが、大型実験装置実現による国内での性能検証の可能性、非構造部材の耐震化やモニタリングといった先端研究に関する成果・情報の共有、大規模な超高層建築をはじめとする建物への成果・製品の実装・展開という、コンソーシアムに留まるメリットを示すことで、中途脱退を最小限に留めるよう努力した結果、1 社団法人のみであった。

3.5.2 得られた効果

これまでに、大手ゼネコン 5 社の内の 4 社をはじめとして、建設業界の主要企業が参画したこ

とで、発信していく成果や情報について、国内におけるコンセンサスが得られやすい状況となっている。

また、前述したように、普段接点の少ない各企業の研究開発担当者と大学の研究者が、コンソーシアム全体で共有する非競争領域での活動をともにする中で、新たな共同研究の芽が出てきている。

3.5.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針

参画企業の大部分が建設業界に属しており、異業種間の交流という点では物足りない状況にあった。ウェブでの情報発信やパンフレットなども充実させつつ、センサ、ネットワーク業界や保険業界など、本プロジェクトに関係する異業種の企業への勧誘活動をもっと積極的に実施し、コンソーシアムの充実をはかりたい。

4 プロジェクト終了後の継続的な発展に向けた取組について

社会活動継続技術共創コンソーシアムでは、

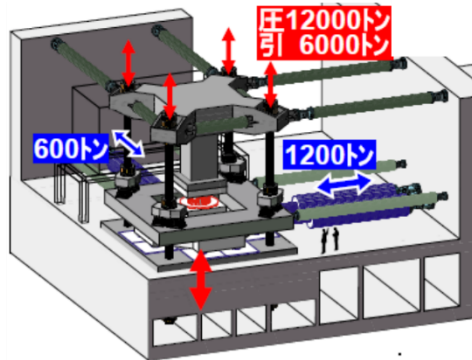
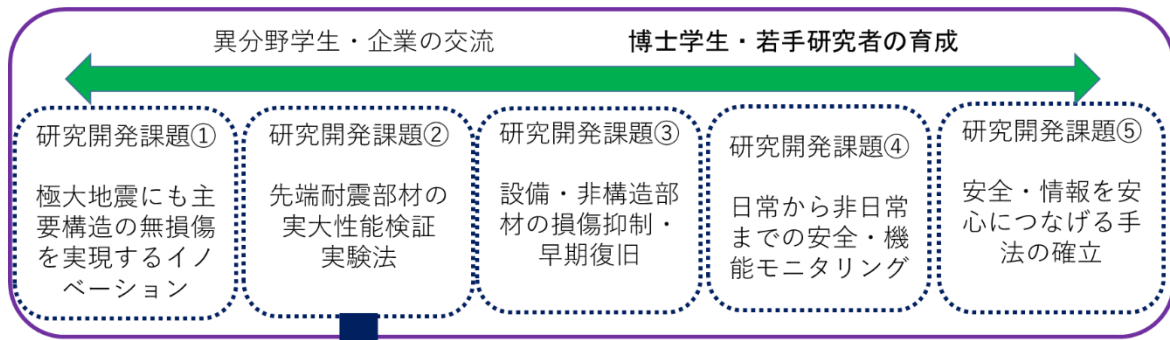
- ① 極大地震にも主要構造の無損傷を実現するイノベーション
- ② 先端耐震部材の実大性能検証実験法
- ③ 設備・非構造部材の損傷抑制・早期復旧
- ④ 日常から非日常までの安全・機能モニタリング
- ⑤ 安全・情報を安心につなげる手法の確立

の5つの研究開発課題を設定し、連携して共同研究の実施と人材の育成などを行ってきた。これら5つの研究開発課題のうち、②先端耐震部材の実大性能検証実験法においては、課題代表者の笠井和彦特任教授を中心に、コンソーシアム参画企業や日本免震構造協会など関係機関の協力を得て、世界最大容量の大型動的加力装置の計画を提案し、実現に向けた準備を進めている。この装置は、これまで実現できなかった、先端大規模都市建築を構成する大型構造部材、免震装置、制振装置について、実大・実速度での破壊実験を可能とするものであり、また、第三者機関としての中立性を有することで大きな社会問題となった偽装問題の再発を防ぐことも意図するものである。この装置は、本プロジェクトで実現を目指す、大規模都市建築において巨大地震を含む大規模自然災害に対しても社会活動を維持する上での基本技術の実現・実証を可能とするものであり、プロジェクト終了後も継続的に自立的な研究開発・人材育成を行っていく上での中核となることが期待される。

実験装置の実現に向けて関係省庁や産業界への働きかけを続けるとともに、装置ができるまでの間も第三者機関としての性能評価は必要であることから、研究開発課題2のメンバーを中心に、OPERA 事業期間では装置の実現に向けた活動を行うとともに、現在使うことのできる装置による第三者機関としての実験検証を進め、装置が実現した後は運営を担うための大型加力施設コンソーシアムの立ち上げを準備している。このコンソーシアムは、全国共同利用型の運営を行い、耐震技術の発展と人材育成や国際化の活動を目指すものであり、コンソーシアムに参加する企業・大学が共通のプラットフォームで活動する点も含め、社会活動継続技術共創コンソーシアムとは、目的、機能において基本的に共通な部分が多い組織となることから、プロジェクト終了後は実大実験のコンソーシアムへ合流し、共通のプラットフォームによる持続的な共同研究をベースに、技術の社会実装と国際展開を、そして人材育成を進めていく。また、先端大規模都市建築から一般的な中低層ビル建物や戸建て住宅への技術展開も行い、国内外の市場拡大へ繋げていく。

開発した技術の社会実装については、キーテクノロジー1に関しては、プロジェクト終了までに超高層建築の合理的設計法と改修法の構築に必要な検討を行い、プロジェクト期間終了後なるべく早い時期（2年以内）に、設計法として一般の設計者が使える形での公表を目指す。キーテクノロジー2に関しては、プロジェクト終了後2年以内に大型実験が必要であることの学術的背景となる寸法効果に関する学術論文を公表するとともに、なるべく早い時期に大型実験装置が実現できるよう活動を進めていく。キーテクノロジー3に関しては、プロジェクト終了までに大地震時に建物の機能を喪失させないための非構造部材部材の設計法の構築に必要な検討を行い、プロジェクト期間終了後なるべく早い時期（2年以内）に、設計法として一般の設計者が使える形での公表を目指す。キーテクノロジー4、5に関しては、建物の安全性と機能性を検知する上で効果的なセンサー、および人の動きを検知する上で効果的なセンサーを選択し、得られたデータに基づき非常時のみならず日常的に安全・安心を提供する方法を構築する。実建物での検証を経て、プロジェクト終了後3年以内を目標に要素技術としての実用化を目指す。

社会活動継続技術共創コンソーシアム



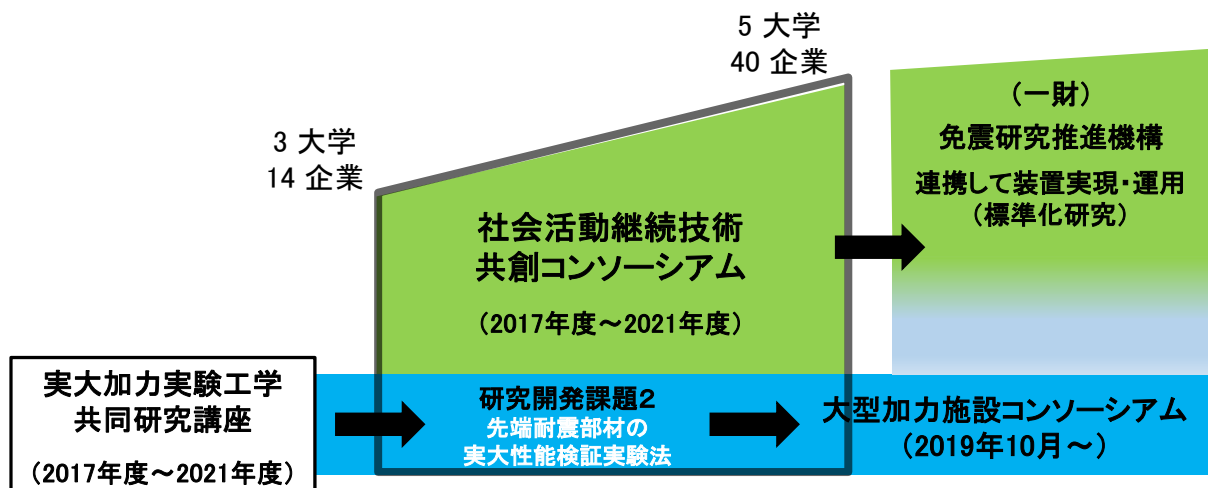
先端大型耐震部材の性能を実大実験により実証するための「大型3方向加力装置」を実現を目指す

日本学術会議マスタープラン2017

重点大型研究計画 計画番号124

「レジリエントな都市における巨大構造物の要素の破壊と脆弱性を実寸法で評価できる世界最大容量の3方向動的加力装置および実験施設」

2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 ...



5 研究開発の状況

○研究開発費（委託研究費及び民間資金）の推移

[単位：千円]

		2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
委託研究費	調査推進費*	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
	研究開発費	64,218	154,680	140,000	138,631	123,425
民間資金	共同研究費等(a)	64,218	154,887	146,207	138,631	123,425
	リソース提供計(b)	0	0	0	0	0
	民間資金総額 (X)=(a)+(b)	64,218	154,887	146,207	138,631	123,425

*調査推進費はマッチングファンドの対象外

○研究開発課題一覧

【研究開発課題1】

- ① 研究開発課題1：極大地震にも主要構造の無損傷を実現するイノベーション
(東北大学、東京工業大学、東京大学、(株)大林組、その他コンソーシアム参画企業)(実施期間：2017年10月～2020年3月)
- ② 研究開発課題1-1：ダンパーの最適化手法の開発
(東京工業大学、JFEシビル(株))(実施期間：2020年4月～2021年3月)
- ③ 研究開発課題1-2：ダンパーの最適化手法を既存建物へと発展させた設計手法の開発
(東京工業大学、JFEシビル(株))(実施期間：2021年4月～2022年3月)
- ④ 研究開発課題1-3：RC造建築物の構造躯体と非構造部材の損傷を迅速に計測する技術開発
(東北大学、東京工業大学、東京大学、(株)大林組、(株)長谷工コーポレーション その他コンソーシアム参画企業)(実施期間：2020年4月～2021年3月)
- ⑤ 研究開発課題1-4：高層RC造集合住宅の継続使用性、修復可能性、終局安全性を判定する手法開発
(東北大学、東京工業大学、東京大学、(株)大林組 その他企業)(実施期間：2021年4月～2022年3月)
- ⑥ 研究開発課題1-5：コンクリート杭の終局時における耐力、変形性能を予測する手法の開発
(東京工業大学、(一社)コンクリートパイル・ポール協会)(実施期間：2020年4月～2021年3月)
- ⑦ 研究開発課題1-6：コンクリート杭に対する性能評価設計法に必要な損傷評価設計法と予測モデルの開発
(東京工業大学、(一社)コンクリートパイル・ポール協会)(実施期間：2021年4月～2022年3月)
- ⑧ 研究開発課題1-7：高強度鋼繊維補強コンクリート(SFRC)柱の実用化研究

（芝浦工業大学、ベカルトジャパン（株）、長谷工コーポレーション）（実施期間：2020 年 4 月～2022 年 3 月）

- ⑨ 研究開発課題 1-8：非接触計測システムによる RC 部材の損傷度評価手法の確立
（芝浦工業大学、（一社）ニューテック研究会）（実施期間：2020 年 10 月～2022 年 3 月）

【研究開発課題 2】

- ① 研究開発課題 2：提案する装置が、令和元年度 日本学術会議マスタープランの「重点大型研究計画」に選出され、文部科学省ロードマップ 2020 に掲載された。
(東京工業大学、KYB (株)、昭和電線ケーブルシステム (株)、(一社) 日本鉄鋼連盟、オイレス工業 (株)、ブリヂストン (株)) (実施期間：2017 年 10 月～2020 年 3 月)
- ② 研究開発課題 2-1：構造部材破壊現象検討研究において免震支承の実大・縮小実験の実施
(東京工業大学、KYB (株)、昭和電線ケーブルシステム (株)、(一社) 日本鉄鋼連盟、オイレス工業 (株)、ブリヂストン (株)) (実施期間：2019 年 10 月～2020 年 9 月)
- ③ 研究開発課題 2-2：実験装置の油圧関連部品の設計検証と設計の最適化
(東京工業大学、KYB (株)、昭和電線ケーブルシステム (株)、(一社) 日本鉄鋼連盟、オイレス工業 (株)、ブリヂストン (株)) (実施期間：2020 年 4 月～2021 年 9 月)
- ④ 研究開発課題 2-3：鉄筋コンクリート、鉄骨接合部、免震・制振装置に関する実験方法、評価法について標準化の枠組みを策定
(東京工業大学、KYB (株)、昭和電線ケーブルシステム (株)、(一社) 日本鉄鋼連盟、オイレス工業 (株)、ブリヂストン (株)) (実施期間：2021 年 4 月～2022 年 3 月)

【研究開発課題 3】

- ① 研究開発課題 3-1：吊り天井の耐震性
3-1a: 中国同済大学の施設を活用した、世界最大級の試験体振動台実験
3-1b: 吊り天井メーカーにより、製品の力学的特性のバラツキを評価し、耐震設計のための標準試験方法を提案。
3-1c: 吊り天井の地震時における損傷抑制を可能とする「耐震設計法」の提案。
(東京工業大学、清水建設、マックス (株)、日本パワーファスニング (株)、(株) 桐井製作所)
(実施期間：2019 年 4 月～2022 年 3 月)
- ② 研究開発課題 3-2：LGS 間仕切壁の耐震性
3-2a: LGS 間仕切壁の力学性能 (剛性・耐力) の評価法を構築。
3-2b: LGS 間仕切壁を組み込んだ鉄筋コンクリート造試験体の載荷実験の実施
3-2c: LGS 間仕切壁の地震時における損傷抑制を可能とする「耐震設計指針」の策定
(東京工業大学、マックス (株)、日本パワーファスニング (株)、(株) 桐井製作所) (実施期間：2019 年 4 月～2022 年 3 月)
- ③ 研究開発課題 3-3：非構造部材の経常的点検技術の構築
3-3a: 非構造部材の経年劣化を特定できる物性の抽出
3-3b: 非接触モニタリングシステム構築に向けた音波による加振方法の適応性の確認
3-3c: 実効性のある非接触型モニタリングシステムの構築 (研究開発課題 4 と連動)
(東京工業大学、(株) 桐井製作所、中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京 (株)) (実施期間：2020 年 4 月～2021 年 9 月)

【研究開発課題 4】

- ① 研究開発課題 4：設備機器や非構造部材の無線センサや光ファイバセンサによるセンシングおよび人の移動を検出するセンサの性能試験。(東京工業大学、セコム (株)) (実施期間：2017 年 10 月～2019 年 3 月)
- ② 研究開発課題 4-1: 無線センサ、光ファイバセンサによるデータ取得実験。ドローン等を用いた非常時の通信経路確立法の検討 (東京工業大学、セコム (株)) (実施期間：2019 年 4 月～2020 年 3 月)

- ③ 研究開発課題 4-2: 人の移動センサの情報の活用について、音響式を含めたシステムとして実証実験を実施。
(東京工業大学、東京大学、セコム(株)、白山工業(株))(実施期間: 2020 年 4 月~2022 年 3 月)

【研究開発課題 5】

- ① 研究開発課題 5: 建物全体のモニタリングデータから「安全」や「機能維持」を、「安心」として伝える手法の検討。(東京大学、東京工業大学、(株)アイ・テック、大成建設(株)、)
(実施期間: 2017 年 10 月~2020 年 3 月)
- ② 研究開発課題 5-1: モニタリングおよび情報提供システムのプロトタイプを実建物に実装し、データ蓄積、分析および提供するまでの動作検証を実施。(東京大学、東京工業大学、(株)アイ・テック、大成建設(株))(実施期間: 2020 年 4 月~2021 年 3 月)
- ③ 研究開発課題 5-2: プロトタイプシステム実装結果を評価し、さらに高層建築物へ展開する際の課題整理と実装計画の策定。
(東京大学、東京工業大学、(株)アイ・テック、戸田建設(株)、東急建設(株))(実施期間: 2020 年 10 月~2021 年 10 月)

5.1 研究開発課題 1-1、 1-2 「ダンパーの最適化手法の開発」

キーテクノロジー	建築構造体の安全の確保
研究開発テーマ	ダンパーの最適化手法の開発
課題代表者	前田 匡樹 東北大学大学院工学研究科 教授
実施期間	2020 年 4 月～2022 年 3 月
共同研究機関	東京工業大学、東北大学、JFE シビル、(株)

5.1.1 マイルストーンと達成状況

課題番号	MS 番号	マイルストーン内容	達成状況
課題 1-1	MS1-1	ダンパーの設置箇所およびコストを考慮した最適設計手法を構築するための、最適化手法の開発を行う。	(計画達成度 60%) 制振構造はダンパーの種類・基数・設置位置・設置方法によって制振性能が大きく変化するため、それらの影響を考慮して制振性能を可視化できる評価手法を構築した。しかしコストについては不完全な状態となっているので、達成度を 60%とした。
課題 1-2	MS1-2	開発した最適手法を、新築建物を対象とした設計手法として構築し、その後既存建物へと発展させた設計手法を開発する。	(計画達成度 90%) 目標変形に建物応答を抑えるダンパーの基数・配置の決定方法(以下、設計法)を構築することができた。この手法は既存建物制振改修のように設置位置が限定されている場合においても適用できるように拡張された。また想定外の地震に対しては、硬化型の復元力を持つブレースによる変形制御方法についても設計法を確立した。以上により計画を概ね達成できたと考えるので 90%とした。

5.1.2 最終目標に対する成果の詳細

研究開発課題1 「ダンパーの最適化手法の開発」MS1-1、MS1-2

近年巨大地震、とくに継続時間の長い長周期・長時間地震動（例えば南海トラフ地震）の発生が予測されている。首都圏のような大都市は超高層ビルが多く建設されており、長周期・長時間地震動が発生した場合、大きな振幅の揺れが長時間続くことが懸念される。地震時の応答を低減する方法の一つに建物内にダンパーと呼ばれる、制振装置を設置する制振構造がある。ダンパーは地震時のエネルギーを吸収して建物の損傷を低減させる役割があるが、長時間の繰返しによって性能が低下するものもある。本研究課題では、実大ダンパーの長時間加振実験を実施した。図1.1.1に実験より得られたダンパーの変位－荷重関係（履歴）を示す。履歴の面積はエネルギー吸収性能を表し、長時間繰返すことでエネルギー吸収性能が低下していることが分る。本研究課題では、長時間の繰返しによる性能低下を高精度に再現できる数値解析モデルを開発した。また、開発した数値解析モデルを時刻歴応答解析プログラムに実装し、長周期・長時間地震動によるダンパーの性能低下によって応答が増大することを示した。

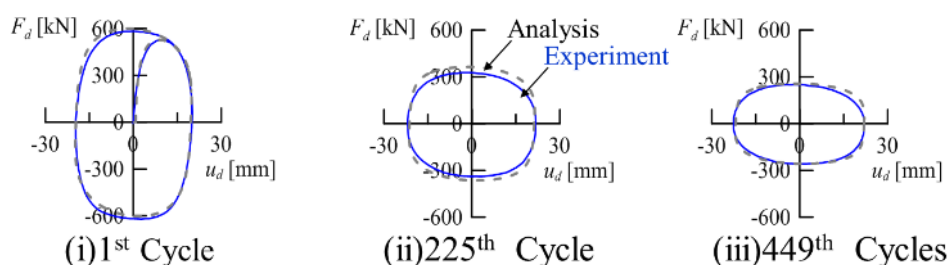


図 1.1.1 粘性ダンパーの長時間加振実験と性能低下を考慮した解析結果の比較

制振構造の耐震性能（応答低減効果＝ここでは制振性能とよぶ）は、ダンパーの種類、サイズ（基数）だけでなく配置によっても大きく変化する。特に超高層建物では曲げ変形の影響により、上層階でダンパーが有効に作用する変形（以下、実効変形）が大幅に低減するため、設計時には事前にそれらを把握しておく必要がある。制振構造の制振性能は一般に、時刻歴応答解析を用いて評価されることが多いが、上述したようにダンパーの種類や基数、設置位置などの組み合わせを全て時刻歴応答解析で確認することは不可能である。設計時には限られた条件のなかで、最も制振性能が高く、最適なダンパー設計が求められる。そのため簡易的に（時刻歴応答解析を用いずに or 用いる前に）制振構造の耐震性能を評価できる手法が望まれる。例えば、図 1.1.2 は、ダンパーの基数が同じでも設置位置が異なるモデルを示している。それぞれのモデルで、それぞれの最適なダンパーサイズが存在するため、時刻歴解析でそれらを評価することは非常に煩雑となる。そこで本研究課題では、状態 N (No damper) R (Rigid frame) 手法を用いることで、時刻歴応答解析をせずに複雑な建物モデルを簡便な串団子モデルに変更する過程で得られる骨組特性値と呼ばれる制振性能を代表するパラメータが得られた。その値を用いることで、ダンパー配置とその配置に最適なダンパーサイズ、そして制振性能が可視化できる手法を構築した。図 1.1.3 の横軸はダンパーの実効変形、つまり効率の良さを表す（1 になるほど良い）、一方、縦軸は応答低減効果の高さを表す（高いほどよい）。つまり、効率がよく（＝横軸の数字が 1 に近い）かつ応答低減効果が大きい（＝縦軸の数値が大きい）、原点からの距離が最も遠いモデル（ここでは Chidori2）が、制振性能が高いことが一目でわかる。さらに Chidori2 の中でどのダンパーサイズ（図中の α dy1）にすると、原点からの距離、つまり制振性能が高くなるかも判断できる。本手法は制振設計を行う際に設計者のトライ＆エラーを大幅に削減でき、かつ設計者だけでなく建物のオーナーへの制振構造（制振性能）への理解へと繋がるものである。

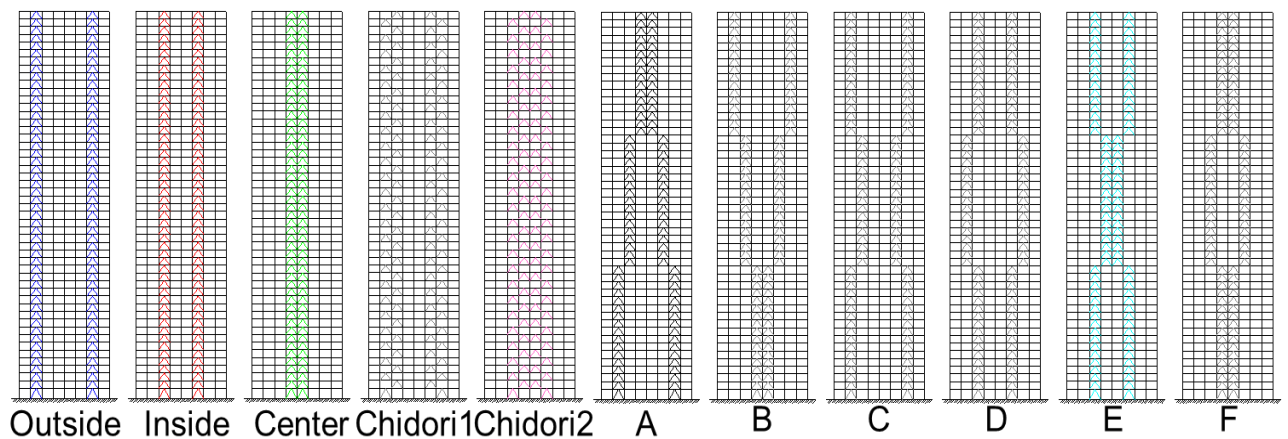


図 1. 1. 2 配置のみを変更したモデル（制振性能が高いのはどれかわかるだろうか？）

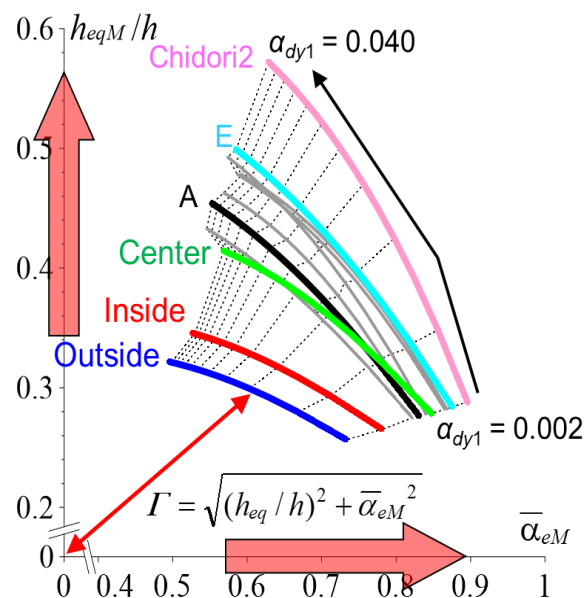


図 1. 1. 3 制振性能評価（ Γ が大きいほど性能が高い＝Chidori2 が最も高性能）

5. 1. 3 プロジェクト終了後の活動方針

研究開発課題 1 「ダンパーの最適化手法の開発」MS1-1、 MS1-2

課題 1-1、1-2 についての達成度は全体として 80%である。その理由はダンパーの最適化についてコストが十分に反映されていない。本研究課題ではダンパーを効率良く配置する方法＝ダンパー設置基数の低減＝コスト低減として研究を進めてきたが、実際にはこれに、ダンパーの種類による価格の違い、施工費用などが反映されるべきである。ダンパーメーカーの協力が必要であり、また施工費用については建設会社の協力が必要となる。今後はダンパーメーカーおよび建設会社の協力を得ながら本研究課題を 100%に近づける研究活動を進めていく予定である。

5.2 研究開発課題1, 1-3, 1-4「極大地震にも主要構造の無損傷を実現するイノベーション:RC造建築物の実大実験」

キーテクノロジー	建築構造体の安全の確保
研究開発テーマ	RC造建築物の実大実験
課題代表者	前田 匡樹 東北大学大学院工学研究科 教授
実施期間	2017年10月～2022年3月
共同研究機関	東京工業大学、東北大学、東京大学、芝浦工業大学、神戸大学、(株)大林組、長谷工コーポレーション(株)、三井住友建設(株)、日鉄エンジニアリング(株)、(一社)日本鉄鋼連盟、(株)竹中工務店、(株)熊谷組、飛鳥建設(株)、九州第一工業(株)、戸田建設(株)、(一社)ニューテック研究会、東北電力(株)、(株)フジタ、(株)西松建設(株)、(株)日建設計

5.2.1 マイルストーンと達成状況

課題番号	MS番号	マイルストーン内容	達成状況
課題1	MS1	建築基準法における最大級の地震動を1.5倍の強さにまで引き上げた地動最大速度0.75m/secの地震動に対して、新築の建物については重力を支える主要構造(柱および梁)の損傷が補修を要せず継続使用可能なレベル、具体的には最大塑性率で1.5以内に抑える技術を開発する。	(計画達成度90%) 大都市を構成する建築物について、耐震安全性を確保する主要構造部材、および、継続使用性や修復性に影響する非構造部材について、損傷の種類・調査判定法に関する重要な項目を抽出・整理し、それらを検証して性能評価法を開発するための実験計画を立案した。
課題1-3	MS1-3	RC造建築物の構造躯体と非構造部材の損傷を正確かつ迅速に計測する技術を開発する。	(計画達成度90%) RC造集合住宅の一部を取り出した非構造部材を有する実大架構の静的載荷実験を実施した。荷重-変形関係と、RC構造躯体、及び、非構造部材(タイル仕上げ、間仕切壁、鋼製ドア)の損傷の進展に関するデータを取得し、それらの相関関係や加速度計などのセンサによる情報から損傷を推定できる可能性が示された。
課題1-4	MS1-4	高層RC造集合住宅の継続使用性、修復可能性、終局安全性を判定するための手法を開発する。	(計画達成度70%) 実大架構実験結果に基づいて、継続使用性について、間仕切壁や鋼製ドアの損傷や開閉状況から判定する手法を、終局安全性については、タイル仕上げとRC構造躯体の損傷から推定する手法を開発した。修復可能性については、今後、部材の補修効果に関する実験を行い、その結果に基づいて開発する予定。

5.2.2 最終目標に対する成果の詳細

研究開発課題1では、極大地震にも主要構造の無損傷を実現するイノベーションを起こすために、建築物の継続使用性、修復性能、さらには、終局安全性に影響する因子や評価法を開発することを目的として、実大スケールの1層鉄筋コンクリート造架構試験体の静的漸増載荷実験を実施することとした。本実験の計画は、2018年度に開始され、各研究課題の共通実験WGを設置して計画を進めてきた。実験の工程を図1.2.1に、WGの様子を写真1.2.2に示す。共通実験WGでは、本研究プロジェクトの目的である極大地震に対する大都市建築物の安全・安心を確保するために必要な技術として、この実験で検討・検証すべき項目について、課題1～5と連動した、鉄筋コンクリート造建物を対象とした共通実験の実験計画に取り組み、図1.2.3に示すような課題の抽出と、試験体の設計条件の整理を行った。

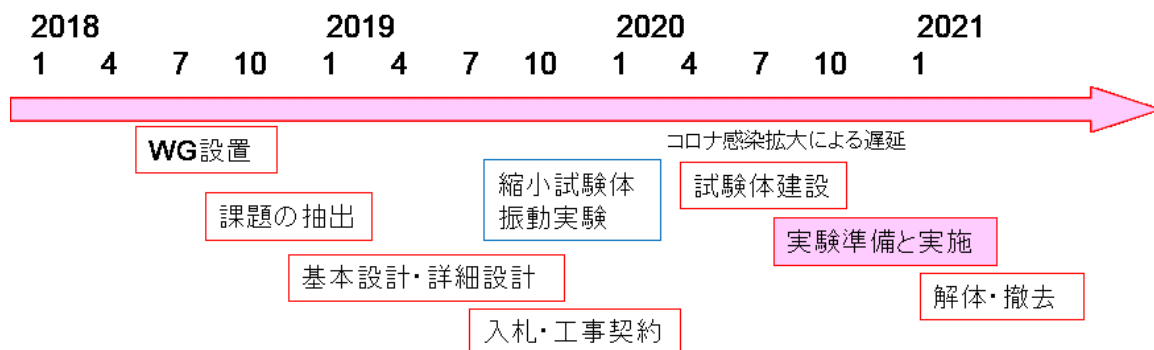


図1.2.1 実大RC造共通実験の工程



写真1.2.2 共通実験WGの様子（2018年9月東北大にて）

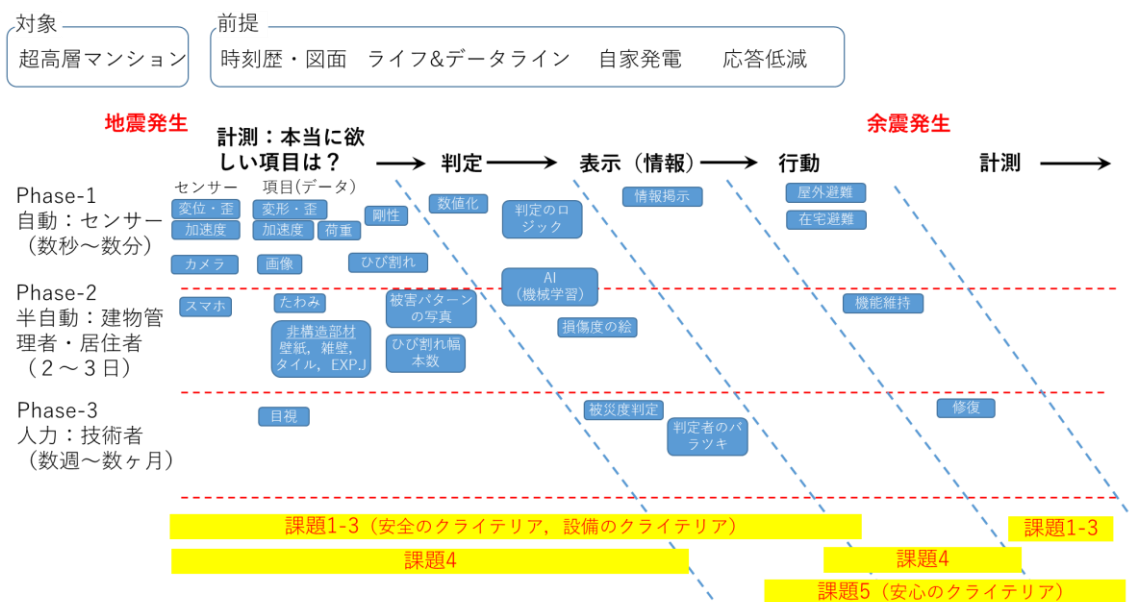


図 1.2.3 WG での検討で抽出された課題と項目

これらの検討の結果、実大スケールの1層鉄筋コンクリート造架構試験体を作製し、静的漸増載荷実験を実施することとした。主な実験目的を以下として設定した。

目的1 構造部材の損傷と非構造部材の損傷の関係を明らかにする

目的2 非構造部材の破壊性状を評価し、使用限界や安全限界を調べる

試験体は、2019 年度に東北大学と大林組が共同研究として実施した振動台実験の RC 造集合住宅を模擬した縮小試験体を参考に、一部分の平面架構を切り出した試験体とし、RC 構造躯体に加えて、片面にはタイル仕上げを施し、構面内には軽量鉄骨下地の間仕切壁と鋼製ドアを配置することとした。

このように非構造部材も実大スケールの RC 架構試験体の載荷実験を行い、多くの研究機関が参画して協働することで、復元力特性と各部材の損傷に関するデータが取得できたことは、このプロジェクトの大きな成果であるといえる。

試験体は 2019 年度に大林組及び東北大学の共同研究により実施した振動台実験の縮小試験体の一部分(図 1.2.4 の赤枠部)を実大スケールに拡大したものである。元となる縮小試験体は、X 方向2スパン、Y 方向1スパンの1/4スケールの試験体で、超高層 RC 造集合住宅をイメージしラーメン架構と連層耐震壁を組み合わせた架構である。試験体には図 1.2.5 および写真 1.2.6 に示すように、片面にはタイル貼り仕上げを施し、構面内に間仕切壁と剛性ドアを設置し、典型的な高層集合住宅の建築を模擬した。

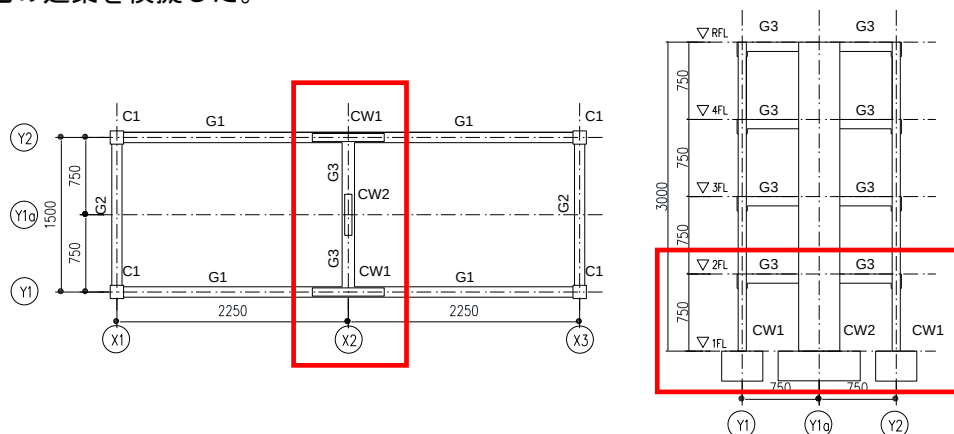
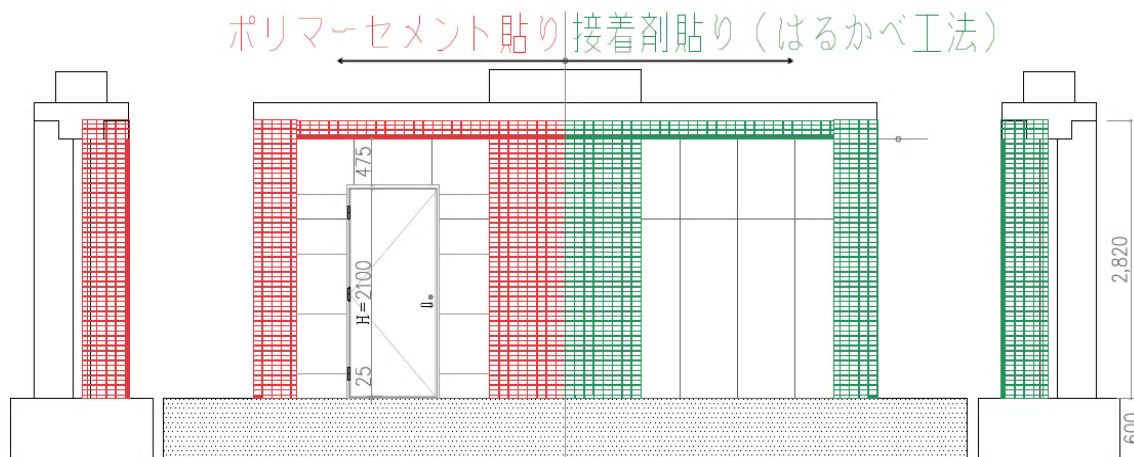
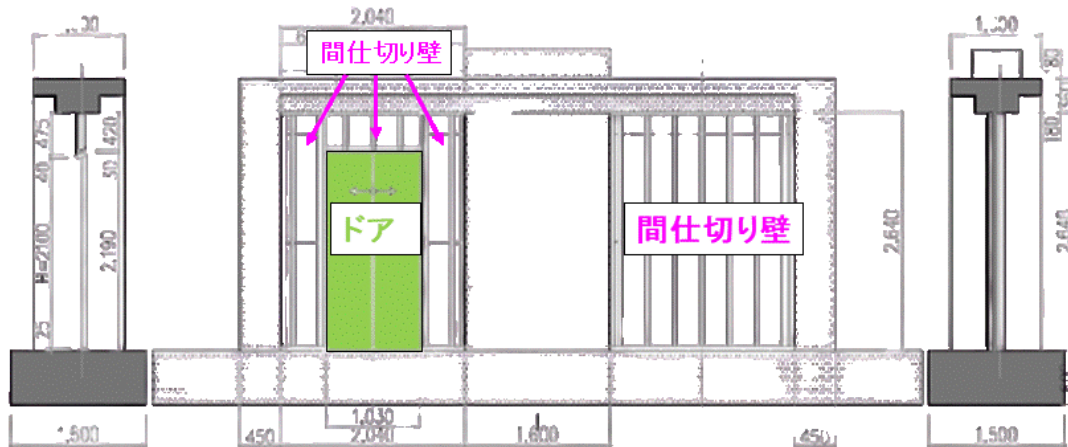


図 1.2.4 縮小4層RC架構振動台実験 試験体図面



(a) タイル仕上げ面



(b) 間仕切り壁とドアの配置

図 1.2.5 試験体立面図



(a) タイル仕上げ面



(b) 変形計測面

写真 1.2.6 試験体の立面

実験による荷重－変形関係を図 1.2.7 に示す。図の縦軸は地震に対する水平抵抗（ベースシアあるいは層せん断力という）、横軸は層間変形角（高さに対する水平変形の大きさ）である。最初に耐震壁が損傷し耐力低下するが、柱・梁の架構は大変形まで耐力・変形性能を維持する安定した性状が得られ、2 種類の解析（Model-A, Model-B）により、比較的精度よく挙動が評価できた。

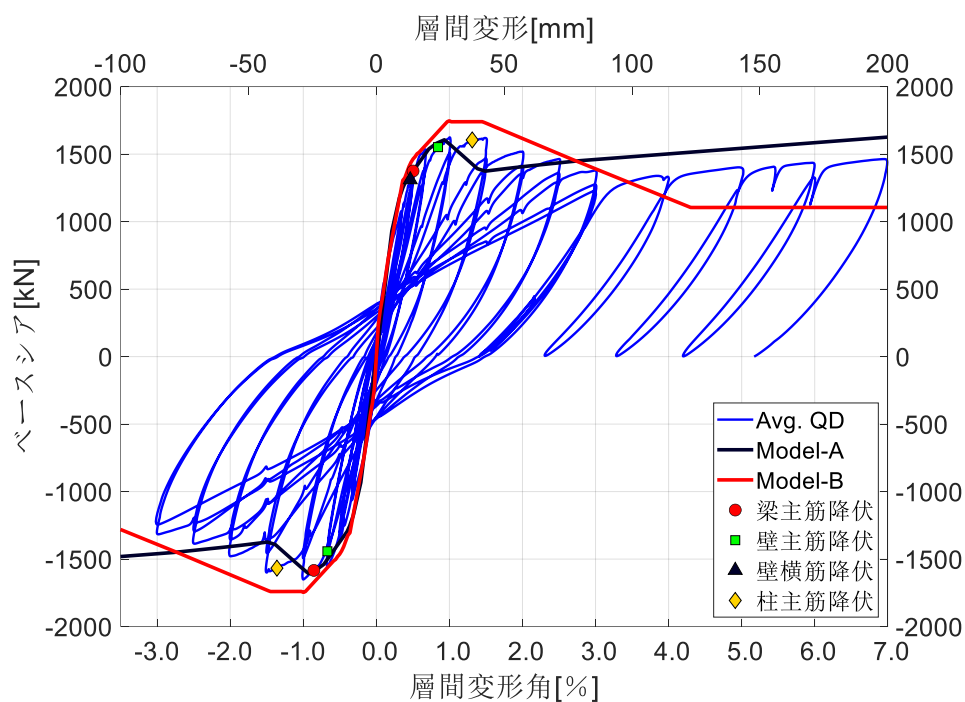


図 1.2.7 実験の荷重－変形関係

タイル仕上げ面とコンクリート躯体面のひび割れ状況を図 1.2.8 に示す。各載荷サイクル時にひび割れの発生位置とひび割れ幅を詳細に計測して記録した。ひび割れ幅の合計値を縦軸とし、横軸に層間変形角として図 1.2.9 に示す。コンクリート躯体とタイル仕上げの目地で大変形まで概ね一致しており、建物の被害調査時に、目視で容易にひび割れ観察できるタイル仕上げ面の観察によることで、迅速に被災度判定ができる可能性があることが明らかとなった。

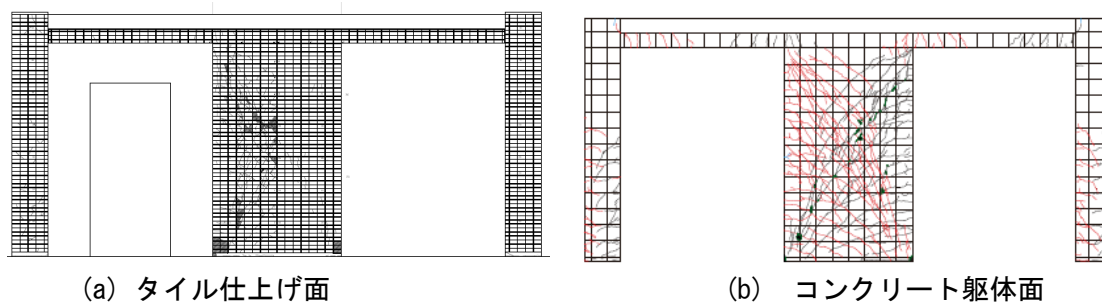


図 1.2.8 ひび割れ図

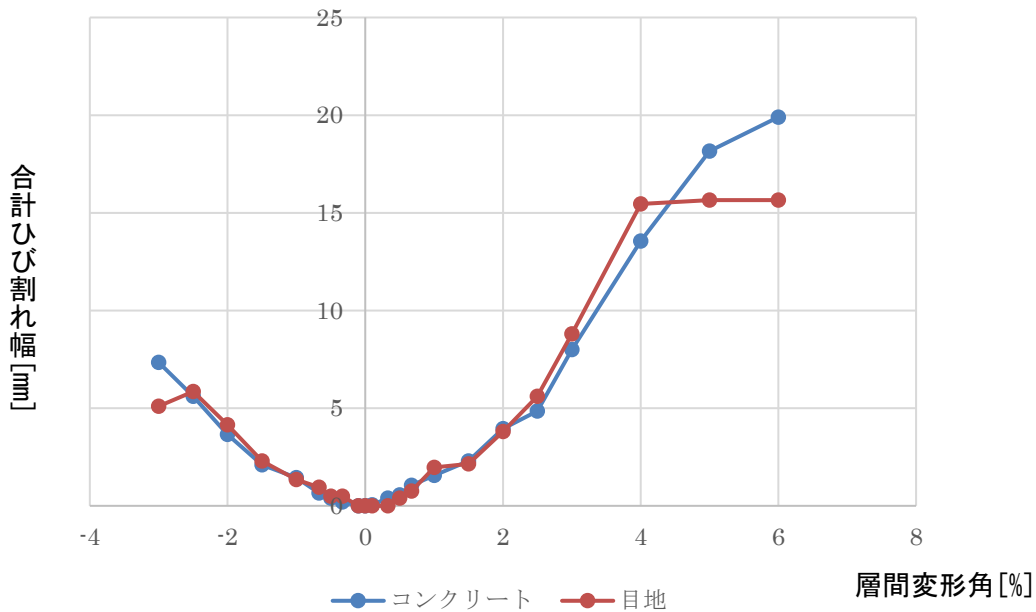


図 1.2.9 柱のコンクリート躯体とタイル仕上げ目地の合計ひび割れ幅の比較

鋼製ドアの機能の評価結果を荷重—変形曲線上にプロットして図 1.2.10 に示す。図 1.2.10(a) より、鋼製ドアは、層間変形角 1/200 を超えると正常には機能せず、層間変形角 1/100 を超えると力を入れても機能しなくなった。これはピーク変形時のみならず、除荷時の変形角でも同様であった。つまり、層間変形角 1/50 では機能しなくとも、除荷時に残留変形角が 1/200 程度であれば、力を入れれば機能する結果であった。

開扉時のロードセルによる計測値と開扉の評価結果について、荷重との関係を図 1.2.11(a) に、層間変形角との関係を図 9 (b) に示す。ロードセルによる計測値は、「正常に開閉できる」と評価された場合は 50N 程度であるのに対して、「力を入れれば開閉できる」と評価された場合は 100N–300N の間にあり、更に「開閉できない」と評価された場合は 300N を超えていることがわかる。RC 造架構に作用する荷重との関係（図 1.2.11(a)）に着目すると、除荷時であっても 100N 以上の力を要する「力を入れれば機能する」と評価される場合や 300N 以上の力をかけても開かない「機能しない」と評価される場合があることがわかる。また、層間変形角との関係（図 1.2.11(b)）に着目すると、層間変形角 1/200 前後で正常に機能しなくなることがわかる。以上より、開閉の可否判断として 100N が閾値となっていると言え、また LGS 壁に設置した鋼製ドアの機能継続性に、層間変形角 1/200 が重要な指標になることが明らかとなった。

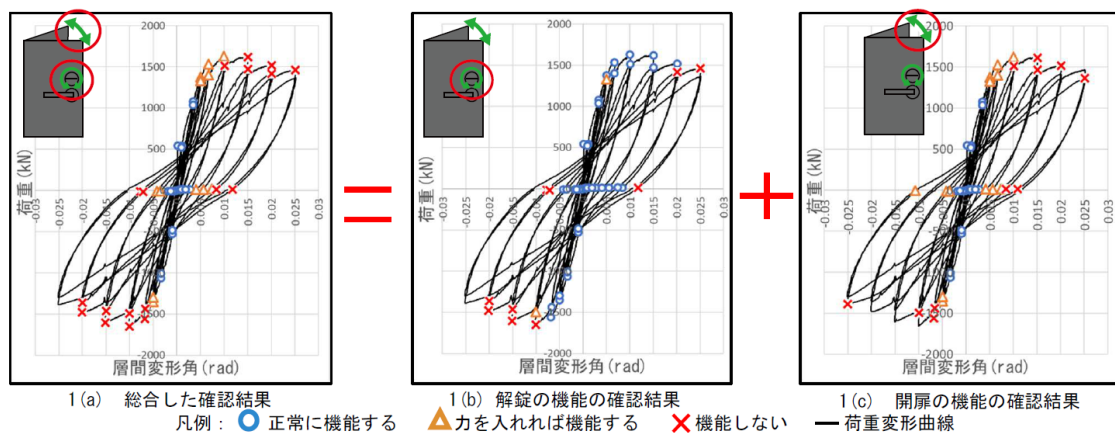
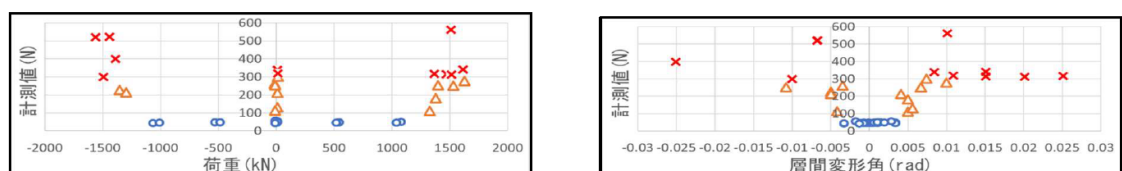


図 1.2.10 架構の変形とドアの解錠・開閉機能の関係



2(a) ロードセルによる計測値と荷重の関係

2(b) ロードセルによる計測値と層間変形角の関係

凡例：○ 正常に開扉できる △ 力を入れれば開扉できる × 開扉できない

図 1.2.11 ドアの開閉力と架構のせん断力・層間変形角の関係

(財)日本建築防災協会の「震災建築物の被災度区分判定基準」における地震を受けた建物の被災度は、RC 部材のひび割れ幅や剥落などの損傷から部材の損傷度を判定し、その結果から算出される建物の耐震性能残存率 R を基準に判定される。しかし、実際の建築物は、非構造部材で構造躯体が覆われており RC 部材の損傷の様子を直接確認することが困難な場合がある。そこで、本プロジェクトでは実大架構の静的載荷実験で得られたデータ分析に基づいて、タイル、LGS 間仕切り壁及びドアがとりついた RC 造架構を対象として、非構造部材の損傷状況から RC 部材の損傷度を推定する手法の提案を行った。

実験結果における、RC 面の損傷から判定した損傷度(正解値とする)とタイル仕上げ、LGS 間仕切壁、ドアそれぞれの損傷から判定した損傷度を表 1.2.1 に示す。表中のオレンジ色のドットは、損傷度がⅡ以上となった部位を表している。タイル仕上げの損傷を用いると正解値を精度よく推定できた。それに対して LGS 間仕切壁及びドアによる損傷度は、全体として、コンクリート面を見て評価した結果よりも、損傷が進んだ方向に(すなわち安全側に)評価する傾向にある結果となった。

算出した損傷度から被災度区分判定基準の評価式で R を算出した(図 1.2.12)。図の縦軸は水平抵抗力(層せん断力)および耐震残存率 R (=残存する水平抵抗力/元の水平抵抗力の最大値)であり、横軸は層間変形角である。タイル仕上げの損傷を用いると RC 面の損傷度から算出した R (正解値とする)を精度よく推定できた。LGS 間仕切壁の損傷を用いて算出した耐震性能残存率 R 及びドアの損傷を用いて算出した耐震性能残存率 R の推定精度はタイルを用いた場合よりやや低い結果となった。しかしながら、実際の建築物の被災度区分判定を行う際、RC 躯体の損傷が仕上げ材で直接観察できないことは多い。したがって、本研究で提案する LGS 間仕切壁やドアの観察から RC 部材の損傷度を評価することは、簡単でかつ有効な被災度判定法であり、解析や計算などを組み合わせ、ある程度の損傷度や被災度を推定できるということは極めて実用的な手法である。

表 1.2.1 各手法から算出した損傷度と被災度

変形角 [%]	RC 面	タイル面	LGS 間仕切壁	ドア
0.10				
0.67				
1.50				

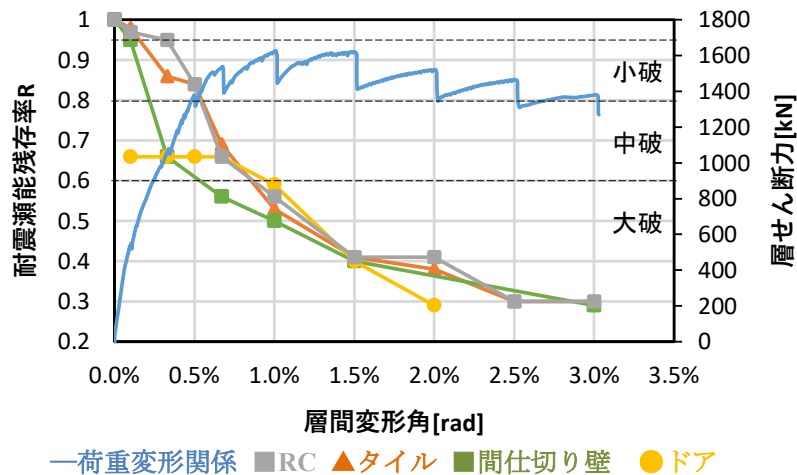


図 1.2.12 耐震性能残存率 R 算出結果（右縦軸：荷重変形関係（青色線）、左縦軸：その他）

本プロジェクトでは、構造躯体に取り付けた加速度センサにより重力加速度の方向を計測することで、部材の傾斜角を推定し、その傾斜角から架構の層間変形を簡易に推定する新しい手法の適用を試みた。図 1.2.13 に加速度センサの設置位置を、図 1.2.14 に層間変位の推定結果を示す。図 1.2.14 の縦軸は変位計あるいは加速度センサから計測した層間変位であり、横軸は時刻あるいは層間変形角を与えたサイクルである。部材中央の 1 点のみの計測 (S11) ではやや精度が劣るが、中央部加えて両端部にも加速度計を設置した 3 点計測 (S10、S11、S12) では、十分な精度にて変位計で計測した層間変位を推定できることが明らかとなり、センサによる損傷自動観測への可能性を示した。

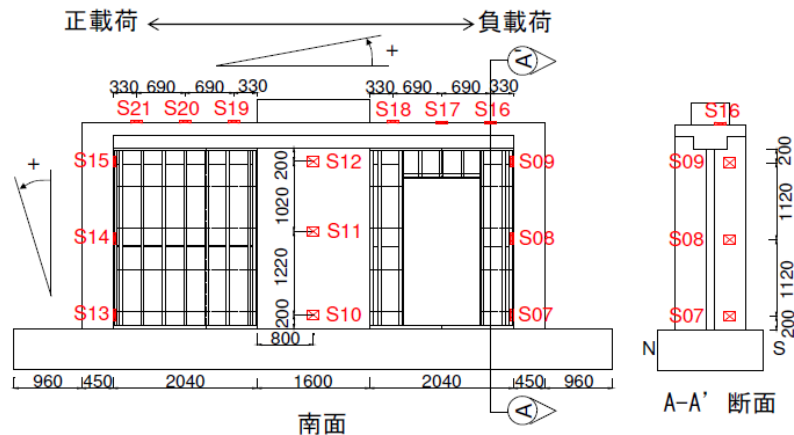


図 1.2.13 試験体へ設置した加速度センサの配置

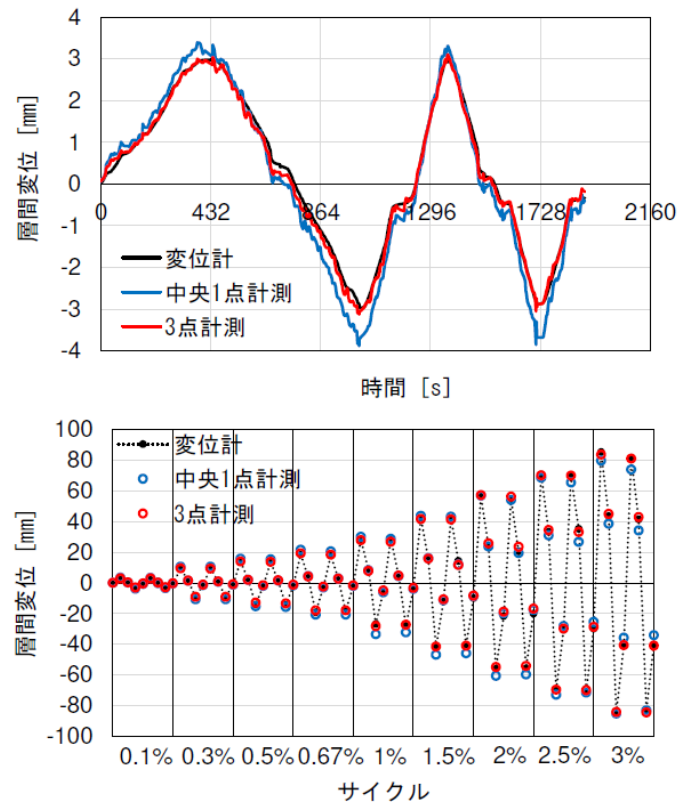


図 1.2.14 加速度センサから推定した層間変位と実測値の比較

5.2.3 プロジェクト終了後の活動方針

本実大 RC 実験では、荷重-変形関係と、RC 構造躯体、及び、非構造部材（タイル仕上げ、間仕切壁、鋼製ドア）の損傷の進展に関するデータを取得し、それらの相関関係や加速度計などのセンサによる情報から損傷を推定できる可能性が示された。今後は実証実験をさらに積み重ね、非構造部材の損傷を検証することで、構造部材の損傷も容易に推定できることを明確にして、将来の建築損傷推定の有効な手段として適応されることを目標に研究を継続したい。

5.3 研究開発課題 1-5、1-6 「コンクリート杭の耐震性」

キーテクノロジー	建築構造体の安全の確保
研究開発テーマ	コンクリート杭の耐震性
課題代表者	前田 匡樹 東北大学大学院工学研究科 教授
実施期間	2020 年 4 月～2022 年 3 月
共同研究機関	東京工業大学、東北大学、(一社)耐震杭協会、長谷工コーポレーション(株)、(一社)コンクリートパイル・ポール協会、

5.3.1 マイルストーンと達成状況

課題番号	MS 番号	マイルストーン内容	達成状況
課題 1-5	MS1-5	コンクリート杭の終局時における耐力および変形性能を実験で明らかにし、これらを予測する手法を開発する。	((計画達成度 85%) SC 杭の曲げ終局時における破壊性状を実験結果の検討から明らかにし、終局時挙動を再現可能な非線形バネモデルを開発した。
課題 1-6	MS1-6	コンクリート杭に対する性能評価設計法に必要な損傷評価の条件を明らかにし、杭の挙動を予測可能なモデルを開発する。	((計画達成度 85%) SC 杭および PRC 杭の曲げ挙動を予測するために必要な骨格曲線が再現でき、かつ変形に応じたひび割れなどの損傷度を精確に予測できる高性能数値解析モデルを開発した。

5.3.2 最終目標に対する成果の詳細

SC 杭（外殻鋼管付きコンクリート杭）は、ドーナツ状の中空コンクリートの外側に鋼管があるため、他の既製コンクリート杭より高い変形性能が期待されている。しかし、片持ち載荷実験から SC 杭の曲げ挙動を確認した既往研究では、圧縮軸力を軸力比（＝作用軸力／軸耐力）で 0.2～0.3 程度与えた SC 杭試験体は、鋼管の座屈およびコンクリートの圧壊により、部材変形角 $R=0.75\% \sim 1.00\%$ 前後で急激な耐力劣化を示すことが報告されている。本研究では鋼管座屈およびコンクリートの圧縮強度以降の劣化を考慮した材料構成則を用いた解析モデルにより、SC 杭の大変形時における繰返し挙動を含めた荷重－変形角関係を評価した。また、終局時の変形性能を評価できる簡易式について併せて検討した。

解析では、曲げ挙動の再現に軸力と曲げモーメントの相互作用を評価できるマルチスプリングモデル（以下、MS モデル）を用いた。等価な変形集中領域長さ l_p （以下、変形集中領域長さ l_p ）は、SC 杭の変形集中領域長さ l_p を簡易式として $1.0 \times \text{杭径 } \phi$ （本試験体では 400mm）とした。コンクリートの応力度－ひずみ度関係は、最大圧縮強度の 0.8 倍を第一折れ点とするトリリニア型の構成則を用いた。鋼管の応力度－ひずみ度関係には、座屈を評価できる材料構成則を使用した。引張側はバイリニアモデルとし、圧縮側の座屈挙動には、骨格曲線に座屈発生とその後の劣化域を評価した山田等のモデルを準用した。

無軸力下の試験体 SC1 では、正側と負側の剛性低下付近（ $R=0.50\%$ 前後）で鋼管断面の最外縁が圧縮降伏強度に達し圧縮降伏した。その後、コンクリート断面の最外縁が圧縮強度に達し鋼管が座屈した。その後、正側では $R=3.0\%$ 程度、負側では $R=-4.0\%$ 手前で最大耐力を迎え、耐力劣化が開始する付近で、コンクリートが圧縮限界ひずみに到達している。耐力劣化や繰返し挙動を含めて実験結果を追跡出来ている。試験体 SC5 では、軸力比が 0.26 と大きい分、最大耐力後に急激な耐力劣化が生じ、同サイクル時にコンクリートが圧縮限界ひずみに到達している。鋼管の座屈は、コンクリートが圧縮限界ひずみに到達した後に発生した。急激な耐力劣化後の履歴特性は鋼管の座屈挙動が支配的であった。

最大耐力は、検討した全試験体で安全側の評価であり、誤差は 8% 以下であった。軸力比が 0.35 と大きい試験体で正載荷側のみ実験値/解析値が 0.95 と危険側となったが概ね評価できた。

最大耐力時の部材変形角では、無軸力の試験体 SC1 を除いて全試験体で安全側の結果となった。試験体 SC5 では、実験値/計算値が 1.74 および 1.50 と解析は実験を過大評価する傾向にあった。試験体 SC1 では、 $R=5.0\%$ まで履歴特性を再現できたものの危険側の評価となった。全試験体で最大耐力時部材変形角の予測精度は今後改善する余地がある。

図 1.3.1 の荷重－層間変形角関係（ Q (Shear Force)－ R (Drift Angle)）を用いて、コンクリートや鋼管など材料のひずみレベルや、ひび割れ幅などの情報をかなり精確に予測できる数値モデルも開発した。図の縦軸は水平抵抗力であり、横軸は部材としての変形角（＝変位/部材長）である。また、黒線の実験結果に対して、赤線の数値解析結果がよく対応していることが分かる。

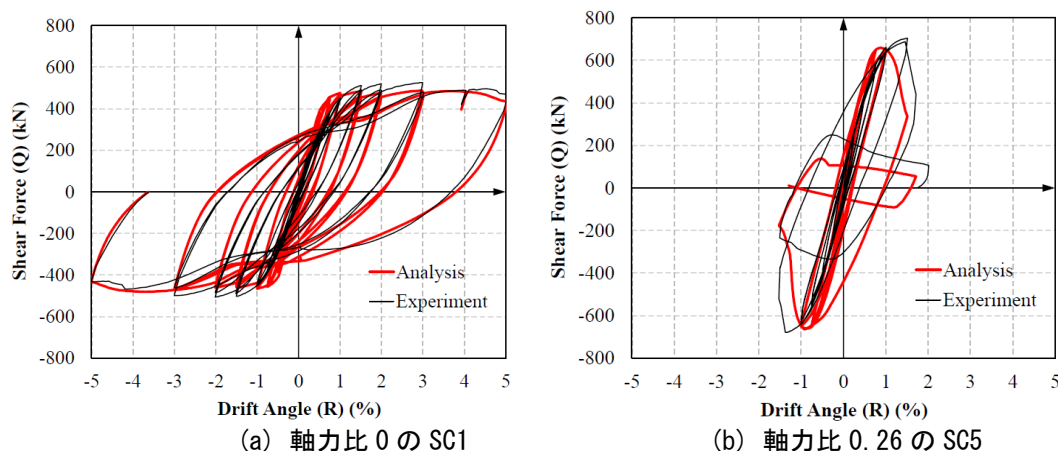


図 1.3.1 SC 杭曲げ試験の実験結果と解析結果の比較（外径 400 mm、コンクリート厚 65 mm、鋼管厚 6 mm）

結果のまとめ：

鋼管短柱座屈評価モデルにコンクリートによる鋼管座屈抑制効果を考慮するマルチスプリングモデルを開発し、荷重－変形角関係を終局変形時まで精度よく追跡できた。解析では、軸力の大きさに関わらずコンクリートの圧縮縁が圧縮限界ひずみに到達したとき、試験体は概ね終局変形角に到達していた。また、鋼管座屈の発生は必ずしも終局変形角を決定する要因ではないことがわかり、終局時の損傷予測がこれまで以上に高精度にできるようになった。曲げ理論に基づいた簡易評価式を用いて、コンクリートの圧縮縁が圧縮限界ひずみに到達したときを本試験体の終局変形角と仮定することで、SC杭の終局変形角を評価可能であった。ただし、高圧縮軸力下では危険側となる可能性あり、引張軸力下におけるSC杭の構造性能についてやや精度が低いため、更なる検討が必要とわかった。

5.3.3 プロジェクト終了後の活動方針

課題 1-5、1-6 についての達成度は 85%である。既存の SC 杭について、曲げ終局時の破壊性状や抵抗機構を高精度に再現できるマルチスプリングモデルを開発できた。この成果は、日本建築学会における技術資料「基礎部材の強度と変形性能」(2022 年 3 月 15 日発刊)に反映されるなど、当初の目標は凡そ達成できた。しかし、コンクリート厚が薄い場合あるいは軸力比が 0.3 を超える場合にピーク後挙動が通常より脆性的となる機構の解明に至っておらず、こうした脆性挙動の抑制方法については今後の重要な研究課題であると考えられる。今後は、企業や他の研究機関を対象に、共同研究をさらに進める予定である。

5.4 研究開発課題 1-7、1-8 「高強度鋼繊維補強コンクリート (SFRC) 柱の耐震性」

キーテクノロジー	建築構造体の安全の確保
研究開発テーマ	高強度繊維補強コンクリート (SFRC) 柱の耐震性
課題代表者	前田 匡樹 東北大学大学院工学研究科 教授
実施期間	2020 年 4 月～2022 年 3 月
共同研究機関	芝浦工業大学、東京工業大学、ベカルトジャパン（株）、長谷工コーポレーション（株）、（一社）ニューテック研究会

5.4.1 マイルストーンと達成状況

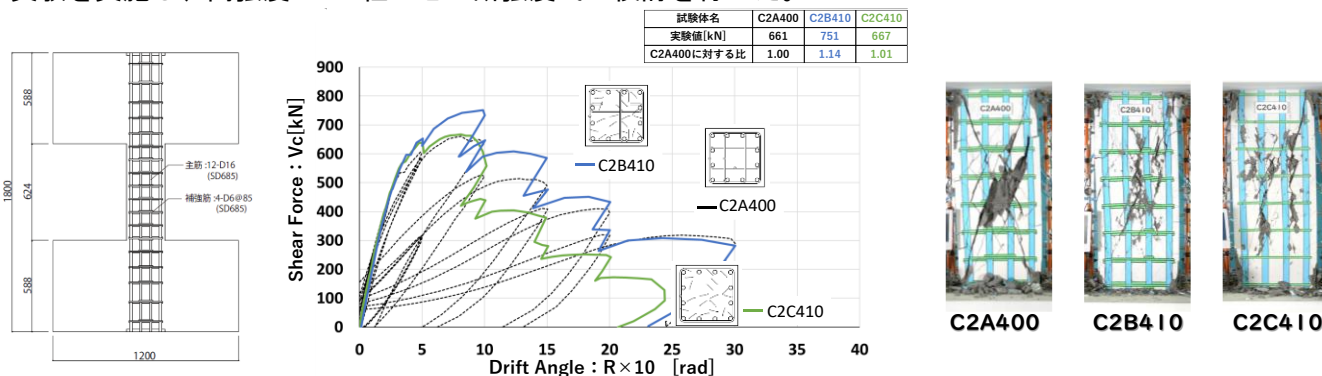
課題番号	MS 番号	マイルストーン内容	達成状況
課題 1-7	MS1-7	高強度鋼繊維補強コンクリート (SFRC) 柱の実用化のための実験を実施する。	（計画達成度 100%） 高強度 SFRC 柱部材に関する曲げせん断実験を実施した。実験結果から鋼繊維の効果に加え、補強筋比とせん断強度の関係を明らかにした。
課題 1-8	MS1-9	非接触計測システムによる RC 部材の損傷度評価手法に関する研究を行う。	（計画達成度 80%） 高強度繊維補強コンクリートの損傷度の可視化や、鋼材引張試験による非接触計測とひずみゲージによる計測精度の検証を行った。

5.4.2 最終目標に対する成果の詳細

研究開発課題 1-7 「高強度 SFRC 柱の実用化研究」

本研究は、高さ 200m を超える超高層 RC 造建物を主な対象として、極大地震においても損傷しない超高層 RC 造建物を実現できる高強度 SFRC 柱部材の設計体系を構築するために、2021 年度は、せん断破壊型の柱部材実験を実施した。

これまでの研究では、高強度コンクリートに鋼繊維を混入した高強度 SFRC 柱のせん断強度について、せん断補強筋量と鋼繊維混入率との関係を含めたせん断強度に関する知見が得られていなかった。そこで、本研究では鋼繊維混入率に加えせん断補強筋比を減じた場合の高強度 SFRC 柱の実験を実施し、高強度 SFRC 柱のせん断強度式の検討を行った。



(a) 試験体 (b) せん断力-部材角関係の比較 (c) 最終破壊状況の較

図 1.7.1 2021 年度に得られた主な高強度 SFRC 柱部材実験結果

図 1.7.1 は、主な高強度 SFRC 柱部材の実験結果である。図 1.7.1(a) は試験体の概要を、(b) は縦軸を水平抵抗力、横軸を部材としての変形角 (= 変位/部材長) とした実験結果である。また、鋼繊維を混入していない C2A400 試験体 (黒破線) に対して、鋼繊維を体積比で 1.0% 混入した高強度 SFRC 柱 (緑実線、青実線) は高い性能を発揮している。せん断強度だけで比較すると、鋼繊維混入率を 1.0% とすれば、せん断補強筋比で 0.3% (= 0.6-0.3) 程度の補強効果として評価できる。また、損傷やせん断破壊後の挙動の安定性を考慮すると、せん断補強筋比で 0.2% (0.6-0.4%) 程度の補強効果として評価できる。2020 年度の曲げ降伏後のせん断破壊に対する鋼繊維の補強効果に加え、2021 年度で得られたせん断強度に与える鋼繊維の補強効果を総合的に判断することで、高強度 SFRC 柱の設計法が構築できる可能性を確認した。

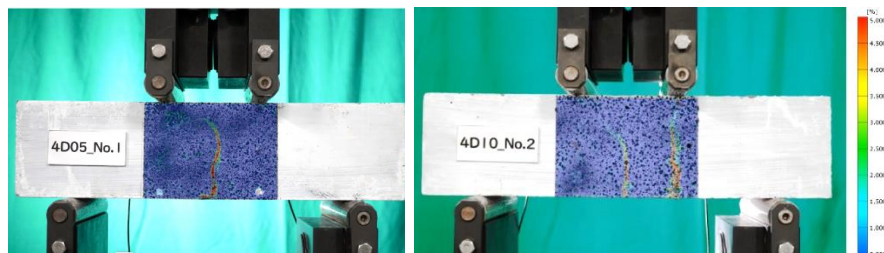
研究開発課題 1-8 「非接触計測システムによる RC 部材の損傷度評価手法に関する研究」

本研究では、コンクリート曲げ試験、地震時を想定した柱部材実験および鋼材引張試験に、非接触型の計測システムとして画像相関法 (Digital Image Correlation) を適用し、その有効性を検証した。

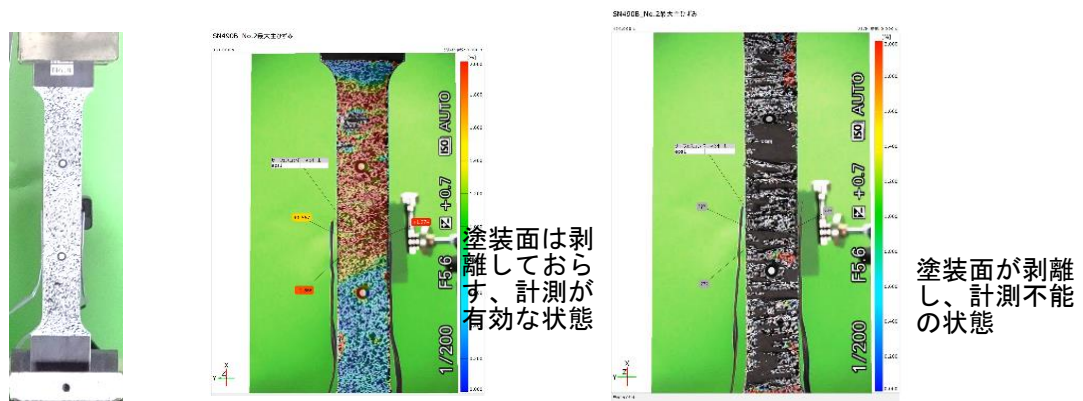
2021 年度は、主に図 1.8.1 に示した高強度鋼繊維補強コンクリートによる曲げ試験において、ひび割れ損傷状況と、非接触計測による主歪みの評価に基づく損傷度評価の検証を行った。図 1.8.1(a)、(b) は鋼繊維混入率 (ρ) が 0.5% と 1.0% の比較である。鋼繊維混入率を大きくすることで、コンクリートが許容できるひび割れ本数が増加することができた。ただし、ひび割れ発生後に瞬間的に割裂してしまう試験体については、撮影機器の見直しを含めた計測システムの検討も必要であることが分かった。

SN490 鋼材引張試験における非接触計測の適用については、図 1.8.2 に示すような研究成果が得られた。鋼材に塗装してから、ランダムな塗装を施す必要があるため、鋼材が降伏し降伏棚を推移する $10,000\mu$ (1%) 程度までは、ひずみゲージと連動した計測が可能であることが分かった。しかしながら、歪み硬化域においては、断面自体に絞りが生じるため、 $30,000\mu$ (3%) 以降は、鋼材と塗装面が剥離するため、適正な評価を行えないことが分かった。鋼材表面処置と塗装方法については、さらなる研究が必要であることが分かった。今後は、RC

系および S 系の部材レベルの構造実験において非接触計測の適用検討を行い、各構造部材の損傷度評価への活用を検討する研究が必要であることが分かった。



(a) 4D05 試験体 ($\rho = 0.5\%$) (b) 4D10 試験体 ($\rho = 1.0\%$)
図 1.8.1 2021 年度に得られた主なコンクリート曲げ試験における研究成果



(a) 引張試験状況 (b) 降伏前後までの計測状況 (c) 歪み硬化域の計測状況
図 1.8.2 2021 年度に行った鋼材引張試験によって得られた主な研究成果

5.4.3 プロジェクト終了後の活動方針

研究開発課題 1-7「高強度 SFRC 柱の実用化研究」

本課題の達成度は 100%である。既に、実験を終了しており、初期の目的である高強度 SFRC 柱のせん断破壊について検証を行える実験データが得られている。今後は、実験実施前に想定した高強度 SFRC 柱の設計法を整備し、実用化に向けた研究リソースを整備する予定である。実プロジェクトへの適用は次年度以降に、共同研究者と共に具体化することで、合意を得ている。

研究開発課題 1-8「非接触計測システムによる RC 部材の損傷度評価手法に関する研究」

本課題の達成度は 80%である。その理由は、以下のとおりである。既にコンクリート曲げ試験、高強度 SFRC 柱実験および鋼材引張試験を終了しており、非接触計測による実験データの取得を行っている。しかしながら、全ての実験終了が 10 月末であったため、鋼材引張試験を用いた非接触計測システムの精度検証の全てが完了していない。2021 年 12 月までに、鋼材引張試験等の検証を行う予定である。

5.4.4 その他

特になし

5.5 研究開発課題 2「先端耐震部材の実大性能検証実験法」

キーテクノロジー	耐震部材の安全実証
研究開発テーマ	先端耐震部材の実大性能検証実験法
課題代表者	笠井 和彦 東京工業大学 科学技術創成研究院 特任教授
実施期間	2017 年 10 月～2022 年 3 月
共同研究機関	東京工業大学、(株)ブリヂストン、(一社)日本鉄鋼連盟、オイレス工業(株)、KYB(株)、昭和電線ケーブルシステム(株)、(株)熊谷組

5.5.1 マイルストーンと達成状況

課題番号	MS 番号	マイルストーン内容	達成状況
課題 2	MS2	令和元年度・日本学術会議マスタープランの「重点大型研究計画」に選ばれ、文科省ロードマップ 2020 に掲載されることを目指す。	(計画達成度 75%) 3 方向大型動的加力装置の案は、2020 年度マスタープランに重点大型研究計画として継続採用されたが、ロードマップ(予算化)には選外であった。2021 年度末に再申請を行った。ただし、縮小規模の装置の実現可能性があり、免震構造協会と共に設計している。
課題 2-1	MS2-1	構造部材破壊現象検討研究で免震支承の実大・縮小実験を実施する。	(計画達成度 75%) 台湾の大型装置 BATS を用いて 3 体の実大試験体の実験を 2 期に分けて繰り返し行った。後述の装置摩擦力を測定でき、試験体反力を正確に計測できる治具の設計をほぼ終了した。
課題 2-2	MS2-2	実験装置の油圧関連の部品の設計検証を行い、設計の最適化をする。	(計画達成度 75%) ロードマップ用の装置の設計はほぼ完了した。上記の縮小規模の実大装置については、油圧関連は免震構造協会側で決定しており、試験体固定および反力計測システムの設計を行っている。
課題 2-3	MS2-3	鉄筋コンクリート、鉄骨接合部、免震・制振装置に関して実験方法と評価法に関する標準化の枠組みを策定する。	(計画達成度 50%) 免震部材の実験法として、加力装置摩擦力の影響を除く正確な装置反力測定という世界共通の課題の解決を、台湾国立地震工学研究所の装置を用いて示す。制振装置(特にオイルダンパー)の実験法として、加振の速度でなく振動数・振幅に基づく実験の合理性を示した。以上を免震・制振装置の評価法の国際標準化に向けていく。

5.5.2 最終目標に対する成果の詳細

課題 2 日本学術会議マスタープランと文部科学省ロードマップおよび免震研究推進機構の進捗状況

大型加力装置実現を目指して、まず日本学術会議マスタープラン 2017 で重点大型研究計画に選ばれたが、文部科学省ロードマップ 2017（予算化）では選外であった。重点大型研究計画に一度選ばれた課題は、以降 3 回まで計画が継続可能であるため、日本学術会議マスタープラン 2020 で継続申請を行った。計画の進捗が良好と判断され、重点大型研究計画に継続採用されたが、文科省ロードマップ 2020 でまた選外であった。よって 3 回目の申請を予定し、マスタープラン 2023 への継続申請を 2022 年 3 月頃に行う。

一方、上記装置の最大鉛直荷重を約 1/3 倍の 40MN、最大水平荷重を約 2/3 倍の 6MN とした装置に関し、（一財）免震研究推進機構（免震構造協会内に設立した研究組織）と協調して別ルートで進めている。図 2.1 のように、免震支承試験体の典型的な加力システムは、水平力、鉛直力それぞれを与えるアクチュエータと、試験体下端を支持しながら水平移動するテーブル、試験体上端を固定する反力梁からなる。

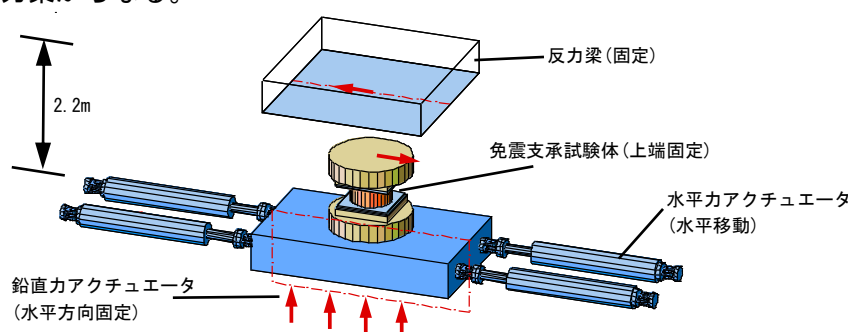
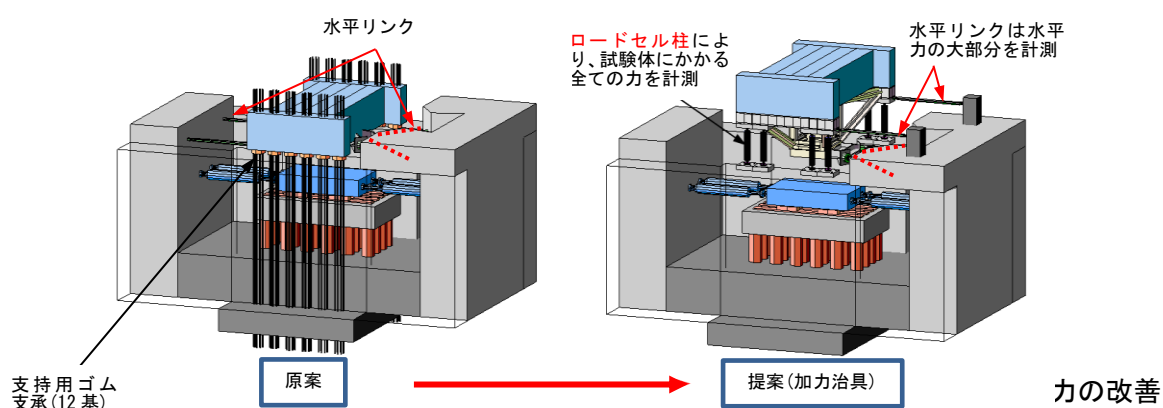


図 2.1 典型的な免震支承試験システム（2.2m 高さは免震構造協会案の場合）

このように背の低い試験体の実験に特化した免震研究推進機構案（以後、原案）の反力梁を約 3.3 m 持ち上げ、直下に比較的安価な汎用治具を取り付けることを東工大から提案している。汎用治具により、背の低い免震部材から背の高い耐震部材や部分架構まで加力可能（図 2.3）であり、かつ試験体への全方向の力が測定できること、原案の梁の応力・変形を約半分に抑えて安全性と加力精度を高めることなどのメリットがある。



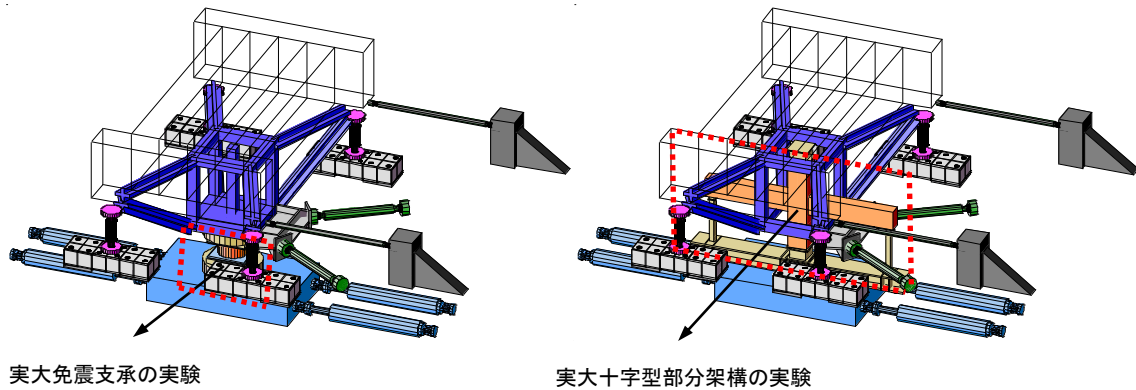


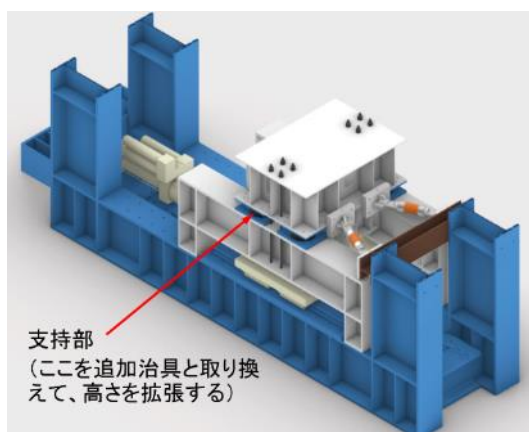
図 2.3 追加治具案による実験可能性の拡張例
(背の低い免震支承から背の高い梁柱耐震架構までの実験ができる)

この加力装置は載荷能力で世界 6～7 番目となるが、追加治具により、荷重計測は世界最高の精度となる。すなわち他国の大型加力装置全てが、水平力データに装置摩擦力が混入する宿命的な問題をもち、日本学術会議に提案した装置の技術を踏襲することで、この精度問題を世界で初めて解決できる。

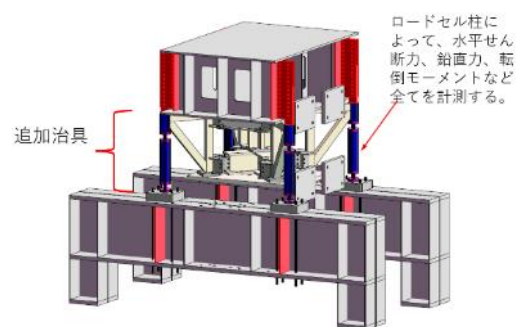
なお、大型構造物の設計・建設の過程で必要な地震や風の応答シミュレーションの精度を高めることの重要性が指摘されている。東工大と多数の建設関連企業による産業競争力懇談会 (COCN) 報告書「大型構造物の次世代評価法」^{注)}では、シミュレーションの鍵となる柱、壁、基礎など様々な耐震部材、免震部材、制振部材の解析モデルの開発と検証には、実物大の部材実験が必須であると述べられている。追加の汎用治具で背の低い免震部材から背の高い耐震・制振部材まで実験でき、かつモデル化に必要な高精度実験データが得られる。

図 2.4 は、本年度末までに製作予定の小型試作装置を示しており、これらにより原案と汎用治具追加案の実験検証を行う予定である。

注) <http://www.cocn.jp/report/57115526bbf01e5c74384b7d4833ed7747752ab7.pdf>



免震構造協会原案



東工大追加治具案による計測、載荷能力の改善

課題 2-1 免震支承の実大・縮小実験の実施

台湾国立地震工学研究所 (NCREE) の大型加力装置 BATS を用いて、免震支承の実大・縮小試験を行っている。試験体は鉛プラグ入り積層ゴム支承 (LRB) であり、ゴム径はそれぞれ 1200, 820, 520 mm、各サイズ 3 体ずつである。大型加力装置のない日本の動的試験能力は、このうち最小サイズの試験のレベルである。全試験体 9 体は、中国メーカーが製造した。

2020 年 12 月に実大試験体 3 体の実験を行った。世界初のレベルの大振幅・大速度・大鉛直荷重の実験では、BATS の油圧制御が不正確であったため、NCREE スタッフと改善策を練り、5 カ月後に再実験を行った。コロナ禍もあって工程がかなり遅れたが、2023 年 1 月に縮小試験体 6 体を実

験する。装置摩擦力を除いて試験体反力を正確に計測できる小型の追加治具の設計をほぼ終了した。

以上の状況から、過去に報告したコンクリート杭頭、鉄骨柱梁架構の実験のような寸法効果の検討は未だであるが、大型加力装置の様々な事情が分かり、日本での装置製作にとって貴重な成果であった。さらに特筆すべき結果として、図 2.5 のように同じ試験体に対するメーカーの出荷前試験と NCREE の試験の結果が著しく異なることである。試験体は無損傷であるため両者が一致するべきだが、復元力に最大 1.5 倍ほどの違いが認められる。製品の復元力バラツキは典型的に $\pm 15\%$ が要求されるが、それを大きく超えている。この原因のひとつは、それぞれの大型加力装置の摩擦力の評価にあると思われる。

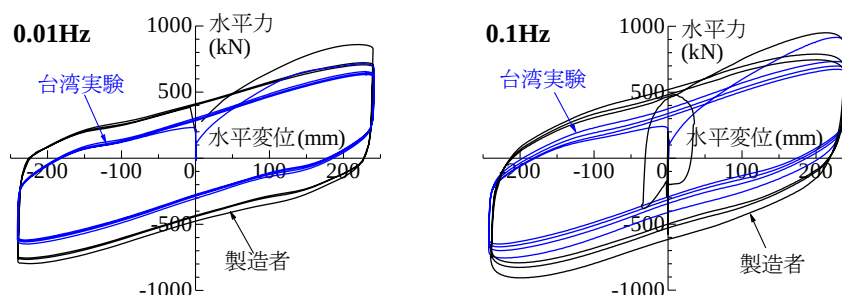


図 2.5 同じ試験体に対する製造者の出荷前試験（黒実線）と台湾 NCREE で行った試験（青実線）の比較：載荷振動数 0.01Hz と 0.1Hz

課題 2-2 実大実験装置の油圧関連部品の設計検証と設計の最適化

図 2.6 に BATS で行った最大変形実験での各鉛直アクチュエータ力の変化を示す。載荷初期に鉛直力の総和 P_0 は目標値 11.3MN と一致した（位置①）。水平力で試験体を大きく変形させる間、 P_0 は一定でなければならないが、最大水平変位 0.96m まで P_0 は 4.2MN まで減少し続け（位置②）、戻る最中に大幅に増し、目標値を大きく超え 29.4MN に達した（位置③）。図 2.7 に実験結果を示す。図の縦軸は水平荷重（H-Force）および鉛直荷重（V-Force）であり、横軸は水平変位（H-Disp.）である。試験体水平変位 $\pm 0.48\text{m}$ （せん断歪 $\pm 200\%$ ）の場合と対照的に、水平変位 $\pm 0.96\text{m}$ （ $\pm 400\%$ ）のとき P_0 が目標値（図中赤破線）の 0.37 倍から 2.6 倍まで急激に変化した。後の解析から、 P_0 が増したことで試験体水平抵抗力が 2 倍近く増加したと予想され、鉛直荷重のバラツキ確認の重要性が明らかになった。また、試験体変形に対応して鉛直アクチュエータの荷重分担も急激に変化し（図 2.6）、鉛直アクチュエータの必要能力やテーブル柔性の寄与などについて BATS のメーカーとの議論を続けている。

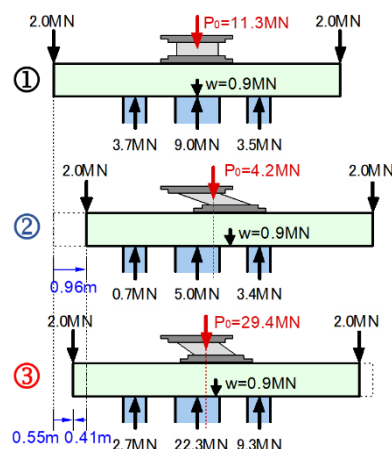


図 2.6 大振幅試験でのアクチュエータ力の変化

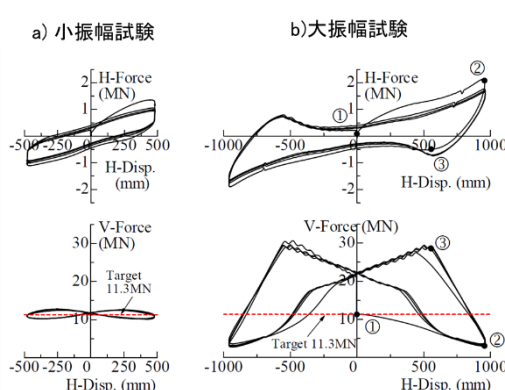


図 2.7 実大試験体の水平荷重・水平変形関係と鉛直荷重・水平変形関係

課題 2-3 免震・制振装置に関する実験方法、評価法の標準化

図 2.5 から、実験装置により異なる免震試験体の 1) 固定度、2) 荷重の制御・計測精度、3) 水平力データからの摩擦力除去法などの違いで、同一の試験体でも様々な評価結果になり得ると言える。評価値の違いは通常要求される製品バラツキの範囲を超えており、この点から実験法の標準化の重要性を明示できたことは、本検討の顕著な成果である。

因みに、課題 2-2 で述べた製造者試験機のテーブル摺動面にはテフロン材、BATS には摩擦がより少ないと予想される油膜ベアリングが用いられている。NCREE は後者の摩擦力を経験的に静的・動的摩擦成分に分けてモデル化し、またそれを差し引いた後の試験体履歴ループが滑らかになるよう更に微調整している（図 2.8）。このように結果が確からしいように定めた摩擦力の精度は保証できなく、したがって試験体履歴ループの誤差範囲も不明確である。なお、前者の方の摩擦モデルは提示されなかった。

東工大案は、図 2.9 のように、水平力をテーブル摺動面側でなく、反対側で測るため摩擦力がデータに混入しない。具体的には図 2.2、図 2.4 に示す水平リンクとロードセル柱の 2 つでデータを取り、抜本的な解決を行っている。さらに、試験体とその固定部の相対的曲げ剛性により試験体の曲げモーメント分布が決まるが、BATS ほか海外試験機では計測できず、試験体反力の全容を把握できないことが、多軸試験機の重要な課題であった。本方法ではロードセル柱の詳細な計測で試験体への 6 方向力全てが計測できる。上述した試験体固定度、荷重制御・計測精度などの評価法も含め、免震支承の実験法の国際標準化を進めていく。

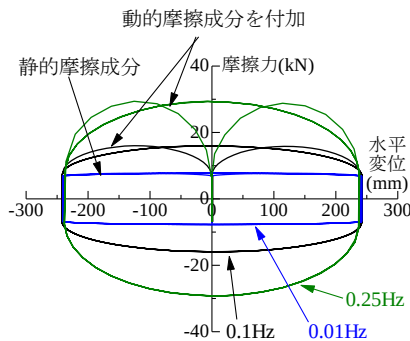


図 2.8 台湾 NCREE による BATS の摩擦モデル

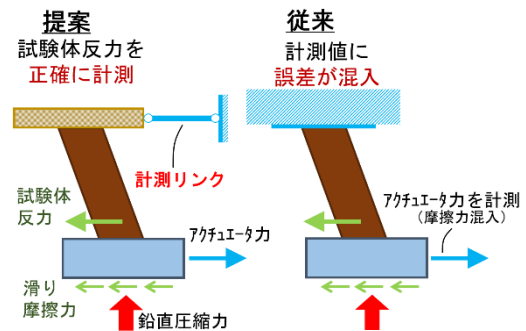
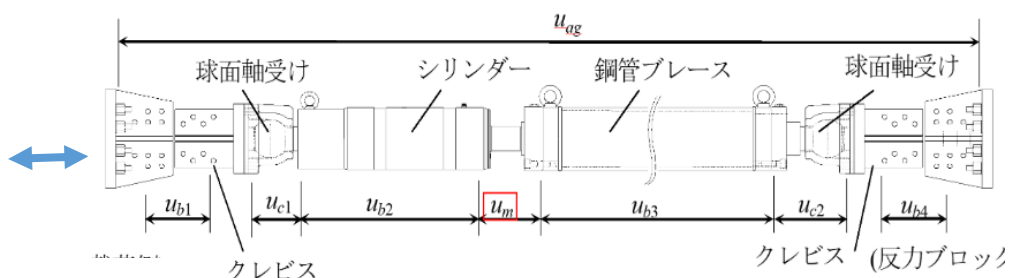


図 2.9 東工大型と従来型の水平力計測法

また、データ改ざんの問題があった免震・制振用オイルダンパーの実験・評価法に関する委員会の主査としての経験および自身の過去の研究に基づく知見をまず要約する。オイルダンパーは、粘性要素と弾性要素が直列に繋がる Maxwell 体として表されることは分かっており、その要素の弾性・粘性特性はダンパーごとに実験で確認する必要がある。つまり図 2.10 のようにオイルダンパーを異なる振動数・振幅で押し引きし、その最中での力、ストローク u_m と全体長さの変化 u_{ag} を計測することで、要素の弾性・粘性特性および直接計測できないオイルの弾性剛性も、理論を併用して評価できる。弾性剛性のより詳細な検討には、図 2.10 のように各構成要素の変形を計測する必要がある。

これらにより、様々な振動数や振幅に対するオイルダンパーの反力が理論的に予測できる。一方、現状の指針で要求される確認試験は「最大速度」（通常 $\max[du_m/dt]$ ）とダンパーの「最大反力」で整理することになっている。しかし、最大速度は振幅と角振動数の積であるため、それらの組合せにより評価値が影響され、通常考慮されるバラツキ $\pm 15\%$ を超える変化もあり得ることが分かっている。その他、用いた加振波（通常は正弦波）の精度、それを支配するアクチュエータ制御や周囲の支持部の剛性によっても評価値が変わることなど、いわゆる「速度依存ダンパー」と呼ばれる多くのダンパーについて共通の問題がある。解決策はある程度練られており、実験法の改善および標準化に向けて適用していく。



5.5.3 プロジェクト終了後の活動方針

日本学術会議マスタープランおよび文科省ロードマップへの再挑戦として、2021 年度末に再申請を予定するが、これまで工学分野に殆ど予算化が行われなかった。現在検討中の別ルート（免震研究推進機構との協業）により予算化が期待でき、縮小規模の実験装置であるが達成見込みは高い。

免震支承の実大・縮小実験による寸法効果の把握は、実験が終了すれば早々にも達成できる。また、装置摩擦力を除き、試験体反力を正確に計測できる小型治具を提示できるようになる。

油圧制御の問題解決は、台湾の大型装置 BATS を所有する NCREC と共同で検討を続け、BATS の制御改善と現在設計中の日本の装置に反映させるという意味では、来年度中に達成できる。

免震・制振装置の評価法の国際標準化について、経済産業省の令和 4 年度標準化テーマへの応募を目標として議論を進める。また、少なくとも小型試験機を使用して、試験体実験法、加力装置の検証法などを検討する。

社会実装に関しては、これまで実行したコンクリート杭頭、鉄骨柱梁架構の実験、および 1 月に終了する免震支承実験により寸法効果の検討結果を発信し、産業競争力懇談会（COCN）報告書「大型構造物の次世代評価法」で提案した実験の実現に向けて努力していく。

大型加力施設コンソーシアムのアンケートで明らかになったように、実験装置は、免震に限らず、制振部材そして様々な耐震部材（柱、壁、杭など）の実験に必要であり、そのような機能が実験装置に組み込まれるように活動していく。

COCN 報告書では、シミュレーション技術の V&V（Verification：検証、Validation：妥当性検証）が必要であるという新たな展望を開き、それを建築学会の特別調査委員会が受けて検討が進んでいる。実験と解析、モニタリングを組み合わせた「大型構造物の次世代評価法」の達成に向け、各専門家と共同で進めていく。

5.5.4 その他

特になし

5.6 研究開発課題3「設備・非構造部材の損傷抑制・早期修復」

キーテクノロジー	建物の機能維持
研究開発テーマ	設備・非構造部材の損傷抑制・早期修復
課題代表者	元結 正次郎 東京工業大学、科学技術創成研究院 教授
実施期間	2018年8月～2022年3月
共同研究機関	東京工業大学、東京大学、清水建設（株）、帝人フロンティア（株）、（株）人間環境デザイン研究所、フクビ化学工業（株）、中日本道路（株）、マックス（株）、日本パワーファスニング（株）、中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京（株）、

5.6.1 マイルストーンと達成状況

課題番号	MS 番号	マイルストーン内容	達成状況
課題 3-1	MS3-1	世界標準仕様の吊り天井に対する中国同済大学所有の大型振動台による世界最大級の試験体を用いた振動台実験によって当該天井において地震時に発生している典型的な被害形式を確認する。振動台実験結果の再現解析を実施することで実験結果の評価および定量的な情報を整理する。 吊り天井のメーカーによる製品および力学的特性のバラツキを客観的に評価し、耐震設計を行う上で必要となる力学的性質を抽出するための標準試験方法を提案する。 当該吊り天井の地震時における損傷抑制を可能とする「耐震設計法」を提案する。	（計画達成度 95%） 国際標準に相当する仕様の吊り天井の耐震設計法に資する情報を概ね取り揃えた。また、安全性を保障するための実験方法の構築および健全性をモニタリングする際の指標とその閾値および検査方法を提示した。
課題 3-2	MS3-2	LGS 間仕切壁の構成要素、材料に関する実験、および LGS 間仕切壁単体としての面外力・面内力のそれぞれに対する抵抗機構（損傷過程）を明らかにし、その力学性能（剛性・耐力）の評価方法を構築する。また、構成要素や材料の特性を反映した数値解析モデルを構築し、実挙動の再現シミュレーションを可能とする。 LGS 間仕切壁の面外力・面内力を組み合わせ	（計画達成度 95%） LGS 間仕切壁の耐震安全性を担保するための標準仕様を定めるための実験的・解析的検討を実施し、耐震設計法の素案を取りまとめた。

		た複合挙動の実験を行い、両方向の変形・外力の相互作用の影響を明らかにする。また、研究開発課題 1 と連動した鉄筋コンクリート造部分骨組に組み込んだ載荷実験を行い、実地震動における損傷状況を明らかにする。また、その損傷程度を特定できる物理量を研究開発課題 4 と連携して検討する。 LGS 間仕切壁の地震時における損傷抑制を可能とする「耐震設計指針」を策定する。	
課題 3-3	MS3-3	非構造部材において経年劣化が著しい面材に対してその経年劣化を特定できる物性を抽出する。	(計画達成度 95%) 非構造要素に生じる経年劣化を点検するための技術を提示するとともに有効性を実証するための室内実験および実地試験を実施した。

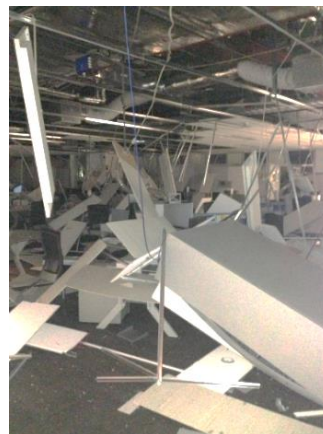
5. 6. 2 最終目標に対する成果の詳細

課題 3-1 吊り天井の耐震性向上

吊り天井の耐震安全性を考える場合に解決すべき喫緊の課題として、十分な実験がなされ告示として既に条文化されている水平な平面からなる在来工法天井の範疇に属さない吊り天井に対する耐震設計法の構築が挙げられる。告示の作成にあたっては直接的に人命を脅かす可能性が高い「高所にある大きな吊り天井」を特定天井と定義して、当時の研究成果にて明確に規定できる範囲として「水平な平面から成る在来工法天井」に限定して策案された。しかしながら、実際にはホールや講堂などの不特定多数の人々が集まる空間に設置される天井は複雑な形状をしており、また、天井を吊り下げる屋根構造の形状も複雑な形状となっていることが多く、このような吊り天井の場合には現行の告示を適用することはできない。また、超高層建築などに用いられる吊り天井は水平な平面形状であるが、在来工法天井ではなく、米国に端を発するグリッド・システム天井が多用されている。これは、国際標準になりつつあり、日本でも独自に製作されている吊り天井工法であるが、在来工法天井と異なり天井パネルが下地材に緊結されていないために天井面が剛体として挙動しないことから、この場合もまた現行の告示を適用することはできず、耐震設計法において不明確な点が残されている。むろん、このような告示対象外天井においても被害は多発している（図 3. 1. 1 参照）。



東北地方太平洋沖地震
講堂天井落下事例



ウェリントン地震

グリッド・システム天井の被害

図 3. 1. 1 告示対象外天井の落下被害

複雑な形状を有する天井について典型的な事例として勾配を有する天井を取り上げて様々な検討を実施した（図 3. 1. 2(a)）。まず、理論的検討により地震時の基本性状を分析し、水平な吊り天井の場合には水平地震力が作用しても吊りボルトの軸力はほとんど変化しないのに対して、勾配を有する吊り天井においては吊りボルトの軸力が大きく変化する危険性（図 3. 1. 2(b) 中の $Q \tan \alpha$ あるいは $P \tan i$ ）があることを明らかにし、そのことを踏まえ吊りボルトが圧縮軸力により不安定になることを抑制するために角形鋼管等で補剛する仕組み（図 3. 1. 2(a) 右）を採用するなど具体的な天井仕様を提案した。

その理論的分析結果の妥当性を確認するために、図 3. 1. 2(c) に示す振動台実験を実施した。図 3. 1. 2(d) は理論解と実験結果を比較したものである。図の縦軸はブレース（斜め材）の軸力あるいは吊り材（鉛直材）の軸力であり、横軸は天井に与えた振動数である。実験における軸力は、いずれもほぼ理論どおりの結果が得られている。吊りボルト軸力は最大 1.5 倍程度の差異が見られるが、実際の地震動時の揺れに近い 3Hz の入力時にはほぼ対応する結果が得られており、理論的分析結果は概ね妥当であることが確認された。数値解析によるパラメトリック検討の結果を踏まえて耐震設計法を構築した。この結果は日本建築センターによる第 3 者審査を経て国交省大臣認定を得ている。

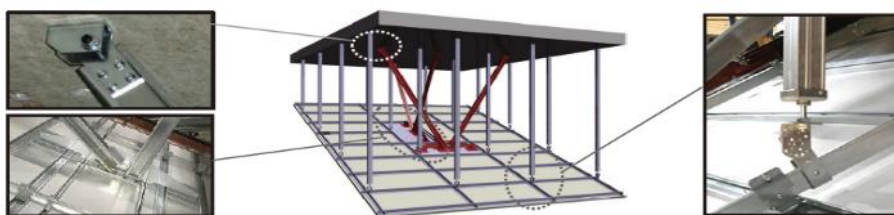


図 3.1.2(a) 勾配を有する天井の仕様

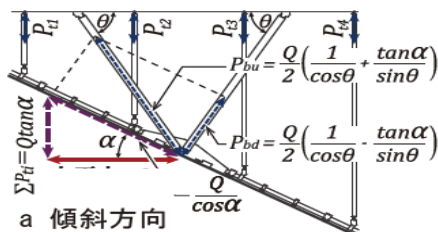


図 3.1.2(b) 理論的考察

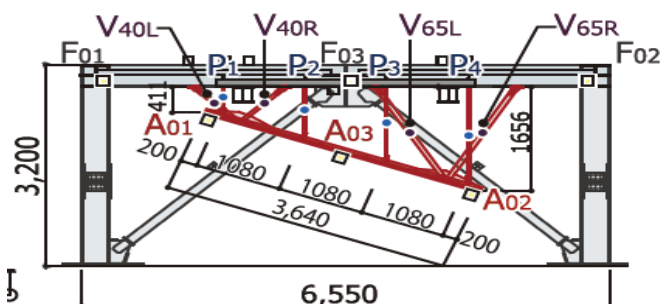
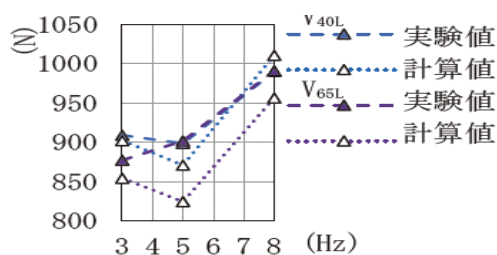
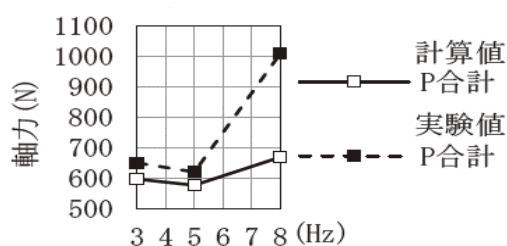


図 3.1.2(c) 振動台実験



b 斜め部材の最大軸力
ブレースの最大軸力



f 吊材の軸力合計最大値※6)
吊り材の最大軸力(総和)

図 3.1.2(d) 振動台実験結果

次の研究対象であるグリッド・システム天井は、在来工法天井がその天井面が剛体として挙動するのに対して、前述したように天井面が剛体として挙動しないために、天井面に作用する地震力を建物構造体に伝達させるために用いられるブレースの配置には十分な注意を払う必要がある。現状では客観性を有する配置決定法は存在せず、実効性の乏しい極めて保守的な規定が民間団体にて記述されているのみである。そこで本プロジェクトでは、このブレースを適正に配置するための情報を構築するために以下の検討を実施してきた。

図 3.1.3(a)に示す小規模なユニット試験体 (2.4m×2.4m) を用いた振動台実験を実施して天井面の面内剛性を検討し、天井の各部位に作用する地震力をブレースが取りつく箇所にもで伝達する際に重要な物性値である天井面の面内せん断剛性の導出を図った。さらに、得られた面内せん断剛性を用いて図 3.1.3(b)に示すような簡易解析モデルを作成し、これにより振動台実験結果の再現を試みている。実験結果と数値解析結果の比較を図 3.3(c)に示す。図の縦軸は天井面の応答変位あるいは応答加速度であり、横軸を時間とした時刻歴として表している。数値解析結果(赤線)は実験結果(黒線)と良く対応しており、ここで導出した面内せん断剛性を用いることによりグリッド・システム天井の地震時挙動を再現可能であることを確認した。

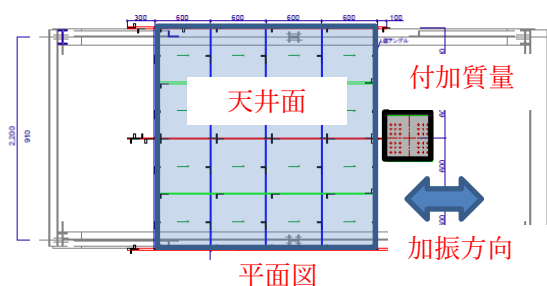


図 3.1.3(a) 小規模試験体による振動台実験

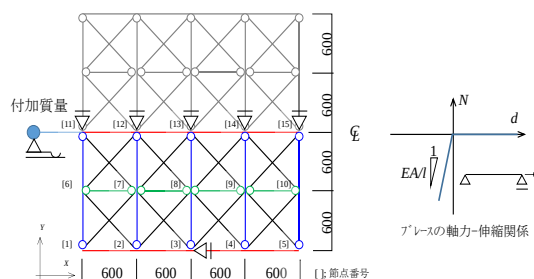


図 3.1.3(b) 再現解析用解析モデル

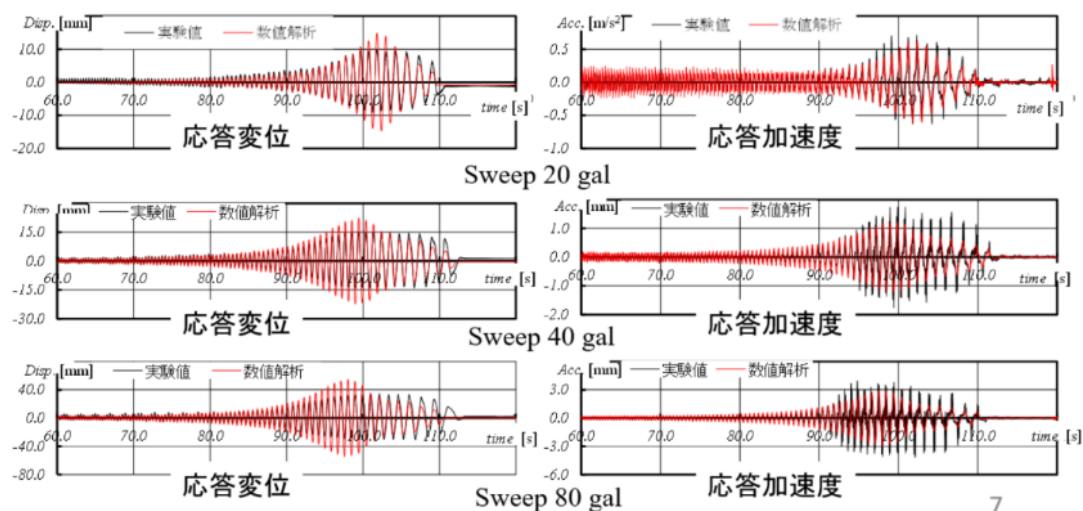


図 3.1.3(c) 実験結果と数値解析結果の比較

天井のような接合部が力学的に明確ではない場合には規模効果があり、小規模な試験体による実験結果は実在の大規模な天井の地震時の挙動と乖離することが懸念される。このために、大規模試験体（4.8m×12m）を用いた振動台実験（図 3.1.4(a), (b)）を企画・実施した。振動台は中国同済大学所有のものである。ここでは、ブレースの配置状況が天井の動的性状に及ぼす影響を明らかにすることを目的として図 3.1.4(c)に示す 2 種類を試験体とした。フルブレースモデルはすべての主たる鋼製下地材の列に一か所のブレースを設けた場合（1.2m 間隔）を、ハーフブレースモデルはフルブレースモデルの半分にブレースを減じた場合（2.4m 間隔）を想定したものである。

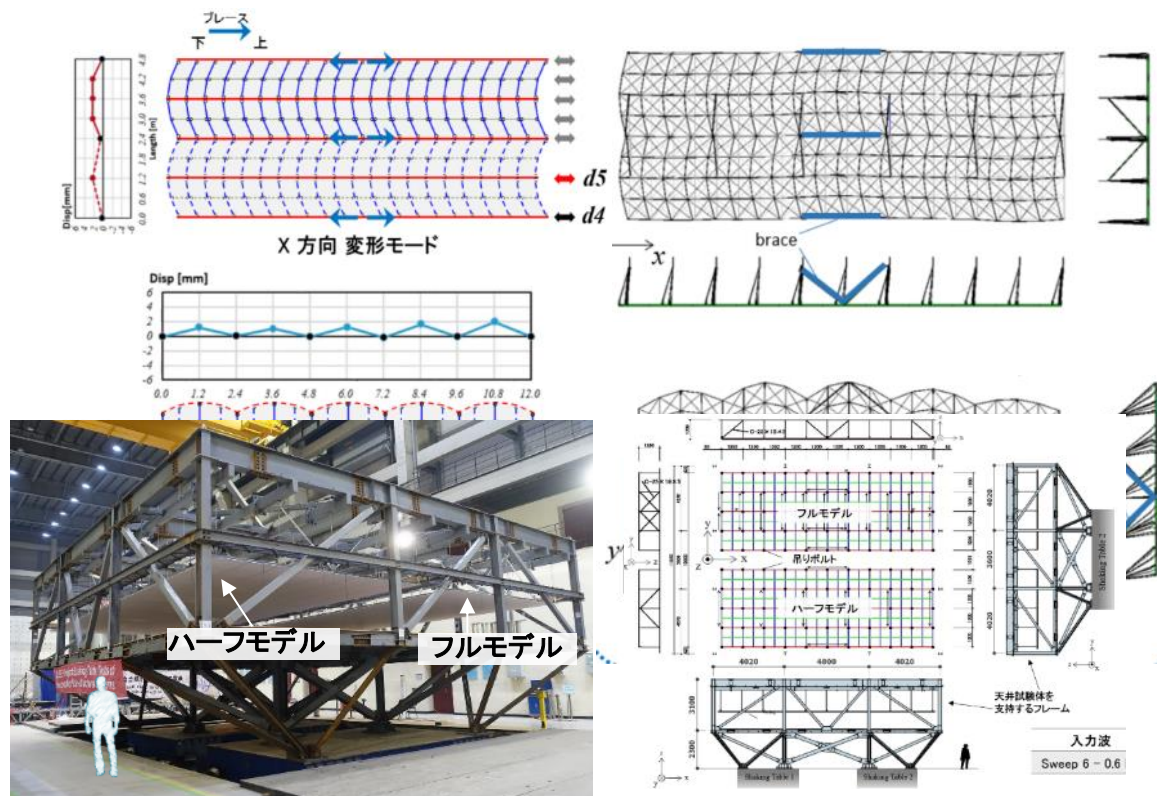


図 3.1.4(a) 振動台全景

図 3.1.4(b) 振動台実験

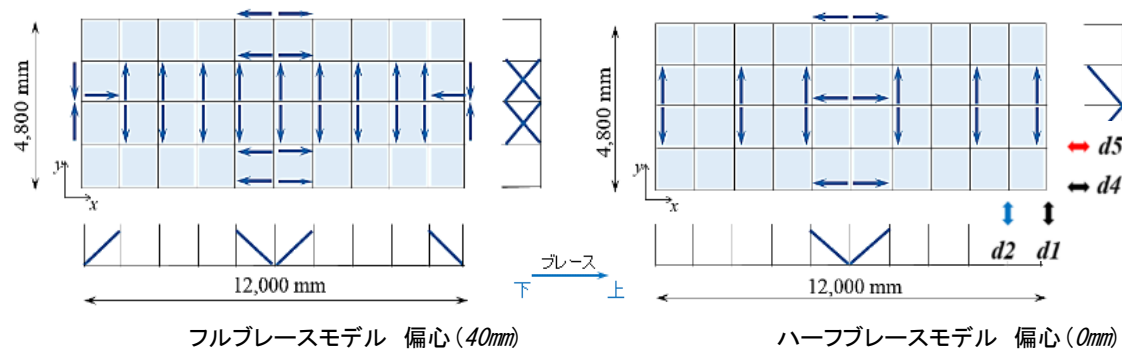


図 3.1.4(c) 試験体

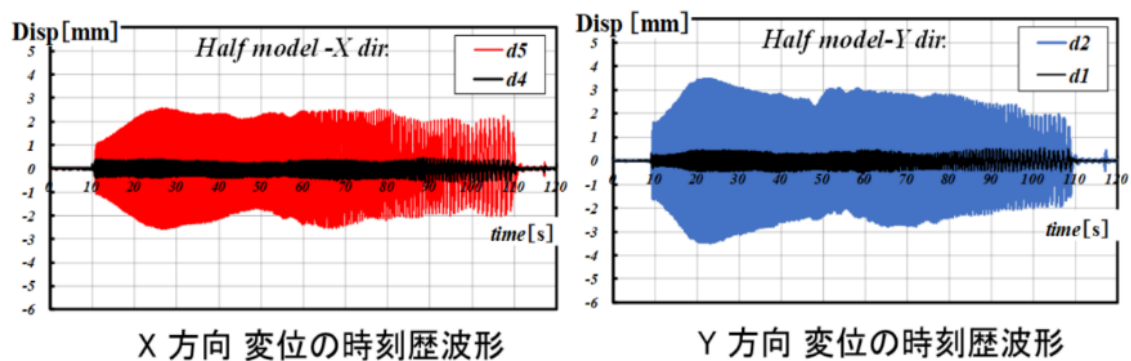


図 3.1.4(d) 実験の一例(ハーフモデル)

図 3.1.4 (d) に実験結果の一例を示す。この図はハーフモデルの結果であり、各方向に加振したときの図 3.1.4 (c) 右に示す位置の変位 d_1, d_2 および d_4, d_5 の時刻歴を示したものである。これら二つの時刻歴の結果から理解されるように、ブレースがある位置の変位 d_1 または d_4 に対してブレースから離れた位置の変位 d_2 または d_5 は 10 倍程度になっている。これは、前述したようにグリッド・システム天井の場合には天井面の面内せん断剛性が小さいために剛床仮定が成立しないことを意味している。このことを可視化するために、同時刻における変位分布を描いたものが図 3.4 (e) である。 $\uparrow \rightarrow$ はブレースが配置されている箇所であり、その部分の変位が小さく、ブレース中間部の変位が大きくなっており、天井面が一体として挙動していないことが解る。さらに、図 3.1.4 (f) は、小規模試験体実験から求めた面内せん断剛性をはじめとする物性値を用いて得られた数値解析による固有モードであり、 X, Y 方向ともに良く対応しており、ブレースの配置を考えるために必要となる各種物性値および数値解析モデルの在り方が適切であることが理解される。

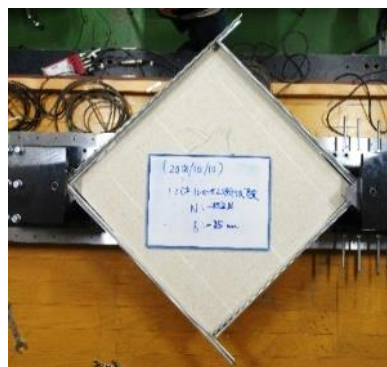
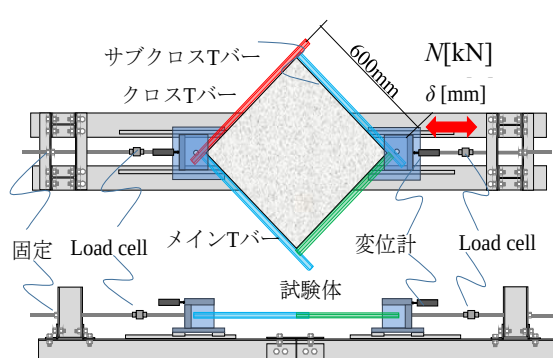


図 3.1.5(g) 標準試験案

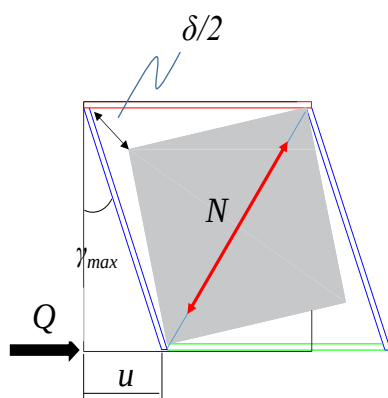


図 3.1.5(h) 面内せん断への変換

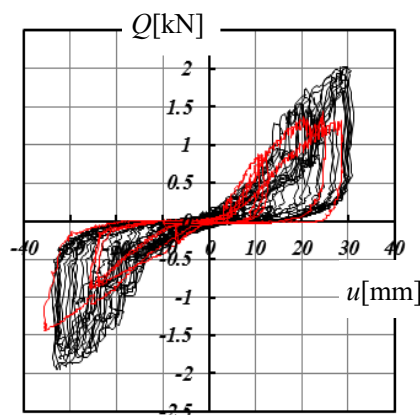


図 3.1.5(i) ユニット試験結果との比較

上記の研究は同一メーカーの製品を用いたものであるが、現実には天井メーカーによる部材の個体差が存在し、上記で求めた物性値が常に適切なものとは限らない。そのために、各メーカーによって実行されるべき標準試験法が必要となる。前述の小規模なユニットを用いた振動台実験を標準試験法とすることも可能ではあるが、各メーカーの負荷を軽減することからも、目標とする標準試験法は、物性値の特性を抽出可能とし、かつ小規模で簡易な試験法が望ましい。図 3.1.5 (g) が本プロジェクトで提案する方法である。本試験方法は 1 パネルのみを試験体とするものでありながら、本試験法によって得られた N, δ を図 3.1.5 (h) に示す関係を用いて Q, u に変換することによってユニット試験体による振動台実験と同等の結果が得られる方法となっている（黒線：振動台実験の結果、赤線：1 パネル実験結果からの換算値）。以上の成果を要約すると、現行の告示では対象となっていない吊り天井に対しての耐震設計法を構築するために必要な情報を整備するとともに、メーカーによる構成部材ごとの物性値を簡便に求めるための標準試験法についても提示した。このことから、当初の目標を 90% 以上達成したものと判断している。

課題 3-2 LGS 間仕切壁の耐震性向上

近年、天井と同様、軽量鉄骨下地乾式間仕切壁（LGS 間仕切壁）の地震時被害が報告されており、構造部材が軽微な被害に留まっても、建築物の地震後における継続使用を阻害する要因となっている。しかしながら、東日本大震災における人的被害を契機に耐震化研究が活性化した天井に対して、LGS 間仕切壁については、防音、防耐火の観点での性能は議論されてはいるものの、耐震性の向上、すなわち地震時の損傷抑制についてはほとんど議論されていない。また、建築工事標準仕様書や JIS 規格においても地震力への配慮に関する記述がないのが現状である。

課題 3-2 では、LGS 間仕切壁を対象とし、自重に起因する構面外への慣性力に対する耐震性評価、および架構面内に加わる強制変形に対する変形追従性について検討した。

【面外慣性力に対する耐震性の検討（接合部）】

LGS 間仕切壁の概要を図 3.2.1 に示す。LGS 間仕切壁は、軽量鉄骨（Light Gauge Steel (LGS)）からなる下地骨組に石膏ボード等をビス留めして構成される。近年、高い壁や石膏ボード上に重い仕上げを施すこともあり、自重に起因する地震時の慣性力による、壁面外への荷重が損傷を助長しているとの指摘もある。本課題では、まずランナーと呼ばれる下地骨組を構造部材に留め付ける接合部に着目した実験を行い、その強度について検討を行った。実験は図 3.2.2 右上に示すようにコ字形の部材（緑色）を対称に設置・固定し、中央の加力治具（灰色）を介して面外力を想定した加力方法を採用した。ランナーと加力治具のクリアランスを横軸として、実験より得られた最大の抵抗力（1 つ分）を図 3.2.2 に示す。加力治具は、下地骨組の縦材（スタッド（図 3.2.1））を模擬しており、施工上はランナーとの間に 10mm 程度のクリアランスが設けられている。実験より得られた最大耐力は、一般構造で用いられる片持ち梁の考え方で十分に耐力を評価可能であることを示し、施工誤差や層間変形に伴う耐力評価が可能となった。

【面外慣性力に対する耐震性の検討（壁単体）】

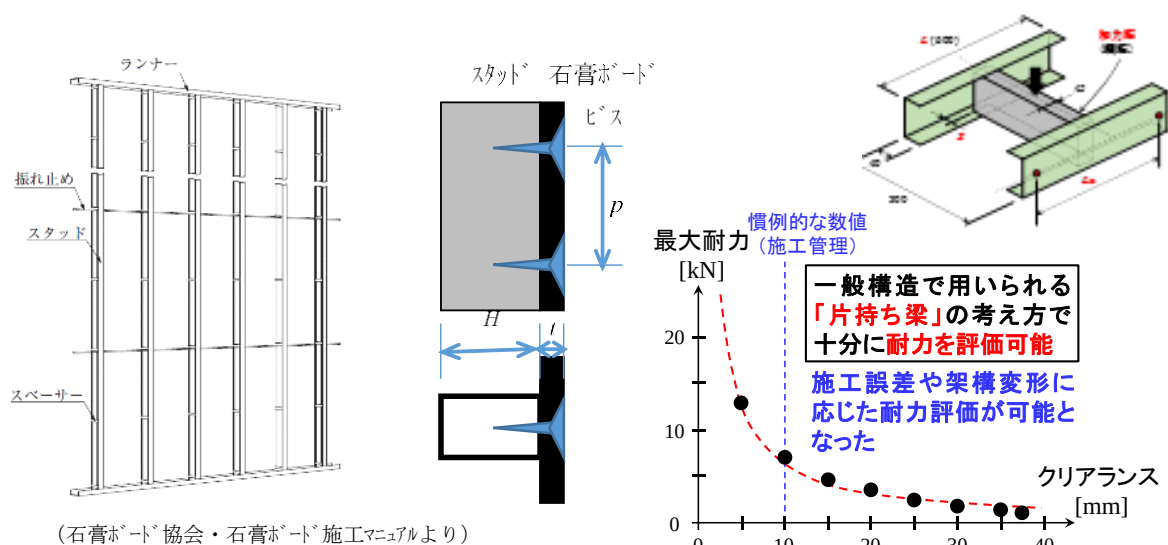


図 3.2.1 LGS 間仕切壁の構成

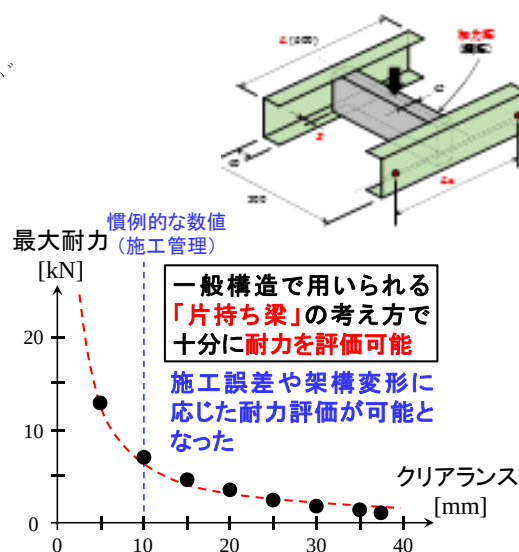


図 3.2.2 接合部実験の結果

次いで、LGS 間仕切壁単体に対する面外慣性力を模した曲げ実験を実施した。実験より得られた面外の抵抗力 (P) と壁中央の面外変形 (δ) の関係の一例を図 3.2.4 (a) に示す。LGS 間仕切壁は、変形に対して初期は面外抵抗力が線形的に増加するが、局所的な損傷によって面外抵抗力の増加は緩やかになり、やがて最大耐力を発揮していることが分かる。これに対して、別途で実施した各要素の材料試験から得られた特性値を用いた数値解析結果を、赤線および青線にて同図に併せて示す。ビス等の局所的な損傷によって、実験結果の初期の挙動を追跡できており、初期の非線形挙動の要因を把握できた。壁の抵抗力の非線形化は、構造骨組の揺れに対して共振を引き起こすため、より高度なシミュレーションの可能性を示せたと言える。

一方、本実験では、壁の仕様（LGSの種類、ボード種類・厚・枚数）、高さ、幅などをパラメータとした計40体について行った。実験より得られた最大耐力を幅1mあたりに基準化し、パラメータの一つである壁高さを横軸として図3.2.4(b)に示す。力学モデルに基づく計算値（破線）は、高さの影響を捉えていた。この他、壁の仕様などの他のパラメータについても反映できる耐力、剛性の簡便な算定式を確立することに成功した。これらのデータは、「耐震設計指針（ガイドライン）」の策定にあたっての科学的根拠となり、策定を加速させている。

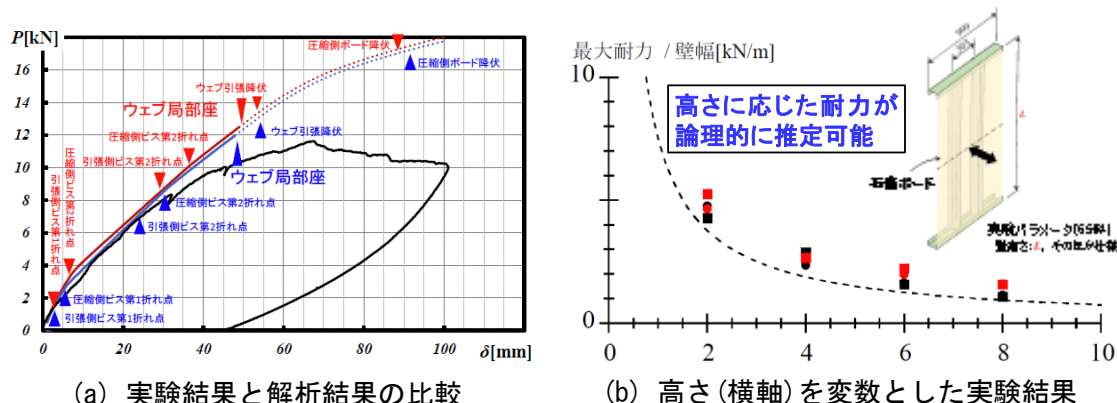


図 3. 2. 4 面外慣性力を想定した LGS 間仕切壁単体の載荷実験

【構面内変形に対する機能維持（追従性）の検討】

次に、柱梁骨組に組み込まれた LGS 間仕切壁の構面内の挙動について検討した。実験のセットアップを図 3.2.5(a)に示し、実験結果である荷重変形関係を図 3.2.5(b)に例示する。図(b)の縦軸は水平力、横軸は層間変形角である。グレーの塗り潰しは、LGS 間仕切壁と柱梁骨組の間に設けたクリアランス（シーリング）で追従できると考えられる範囲である。グレーの塗り潰し範囲では水平力は小さく、層間変形角 1/200 (0.5%) 程度はシーリングによって損傷なく変形追従できている。

一方、張り出し材を有する偏心壁（大梁からズレている）では、1/50 (2%) 程度で最大耐力を迎え、張り出し材の打込みピンの破断が確認された。これに昨年度に実施した要素実験結果と併せて、張り出し材の仕様の決定方法を提案した。具体的には張り出し材の長さが 250mm であれば、800mm 以下の間隔でスタッドを配置すれば十分に LGS 間仕切壁を支持できることを示した。一方、張り出し材の長さが 500mm 以上になると、21mm の石膏ボードを片面 2 枚張りした LGS 間仕切り壁を支持するには接合部の耐力が不十分であり、接合部の打込みピンの強度アップなどの工夫が必要であることが明らかとなった。

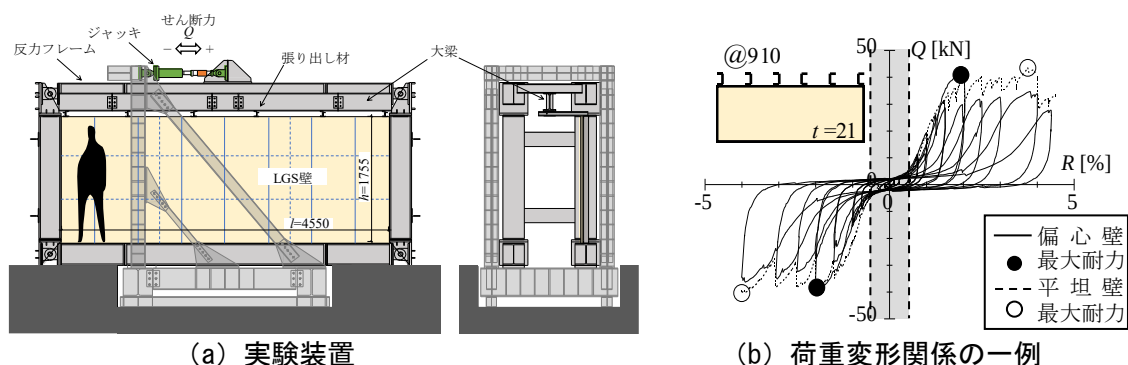


図 3. 2. 5 構面内変形を受ける LGS 間仕切壁の載荷実験

課題 3-3 非構造部材の経常的点検技術の構築

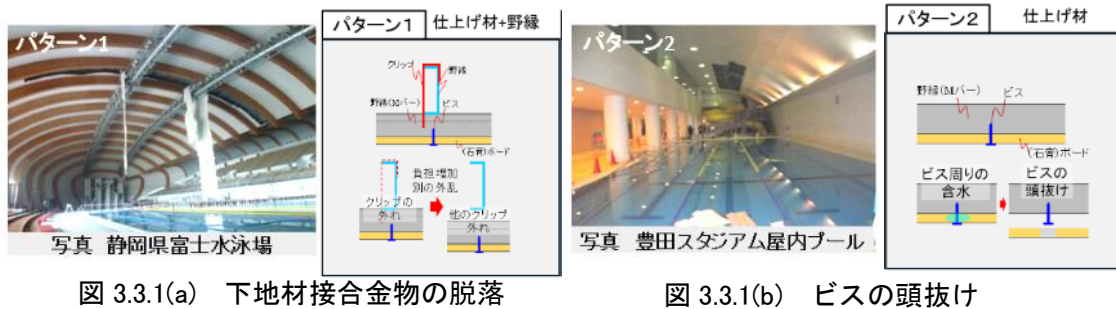


図 3.3.1(a) 下地材接合金物の脱落

図 3.3.1(b) ビスの頭抜け

非構造要素に多く用いられる石膏ボードや岩綿吸音板などのボード類が地震時などに落下する被害が散見されている。このボードの落下を引き起こす主たる原因は、「下地材と下地材を緊結している金物の脱落（図 3.3.1(a)）」および「ボードを下地材に緊結するビス接合部におけるビスの頭抜け（図 3.3.1(b)）」である。ボード類は湿気などによる経年劣化があることが定性的には知られており、耐震設計が施されている天井であってもボードの構造的な性能劣化により十分な性能が発揮できずに落下に至る場合がある。したがって、天井面の状態を常にモニタリングすることによって天井面の様々な強度がどのような状況にあるかを建物管理者は把握しておく必要がある。しかしながら、現在のところ目視による検査だけが施行されており、客観的な評価がなされてきていないのが現状である。

本プロジェクトでは、天井内部の経年劣化を客観的に定量的に評価可能とするモニタリング方法を提案することを課題としている。客観的な評価を可能とするためには、落下を引き起こす直接的な原因を明確にする必要があり、その原因に応じたモニタリング方法を考える必要がある。ここではビスの頭抜け被害を想定したモニタリング方法について説明する。ビスの頭抜け被害は、ビスの頭抜け耐力が天井面に作用する鉛直力よりも小さくなった段階で発生することは言うまでもない。したがって、この耐力を精度良く把握できるモニタリング方法が必要となる。しかしながら、耐力を直接調査することは一般的に不可能であることから、この頭抜け耐力と強い相関を有する指標を見出す必要がある。そこで、含水率 W_c を変化させボードの劣化状況を再現し、各状態で頭抜け試験を実施した（図 3.3.1(c)）。その結果が図 3.3.1(d) (e) である。図 3.3.1(d) は縦軸を荷重、横軸を変形とした荷重変形関係であり、(e) は荷重変形関係より得た最大荷重を縦軸に、

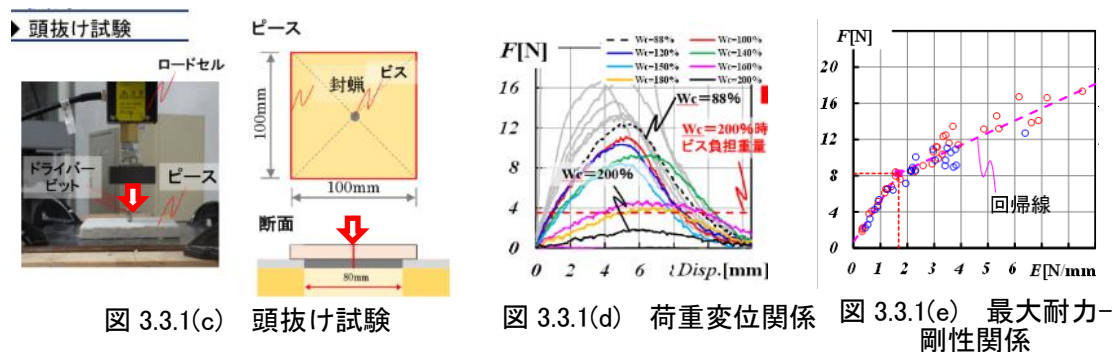


図 3.3.1(c) 頭抜け試験

図 3.3.1(d) 荷重変位関係

図 3.3.1(e) 最大耐力-剛性関係

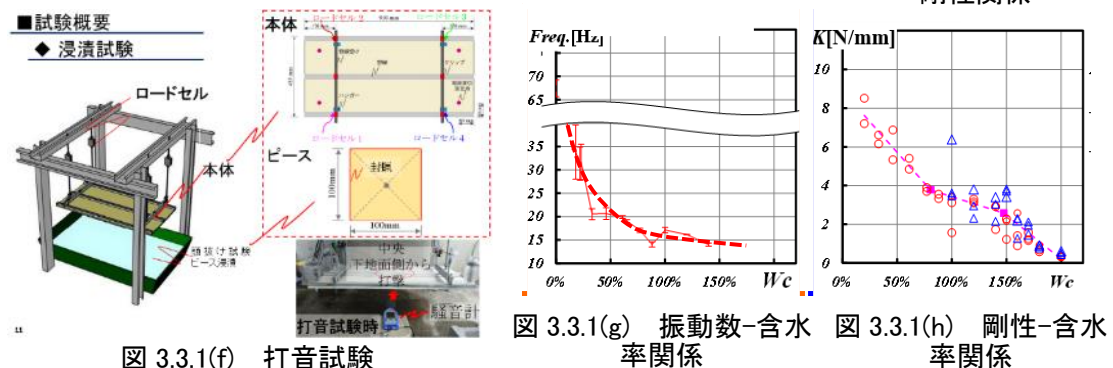


図 3.3.1(f) 打音試験

図 3.3.1(g) 振動数-含水率関係

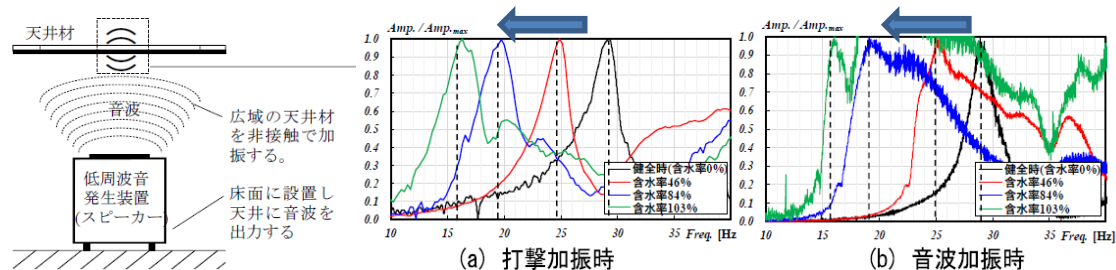
図 3.3.1(h) 剛性-含水率関係

初期の傾き（剛性）を横軸にとったグラフである。図 3.3.1(d) から理解されるように含水率によ

る劣化は耐力のみならず剛性にも大きな影響を及ぼすことが確認され、さらに、そのときの最大耐力と初期剛性の間には強い相関があることが図 3.3.1(e)にて確認される。つまり、剛性が確認できれば図 3.3.1(e)の関係を用いて頭抜け耐力を高精度で推定できることとなる。

一般に剛性は物体の固有振動数を決定する因子であることから、固有振動数もまた含水率の影響を強く受けることが想定される。そこで、含水率を変化させた打音試験（図 3.3.1(f)）により固有振動数と含水率の関係を調査した結果が図 3.3.1(g)である。なお、図 3.3.1(h)は頭抜け試験によって得られた剛性-含水率関係である。打音試験では含水率が 150%となると打撃の影響でボードが落下してしまうことから含水率 150%までの結果しか得られていないものの、固有振動数は剛性と同様に含水率と強い相関関係があることが図 3.3.1(g)から確認される。また、落下危険度を示す指標としては、耐力表示で 8N（地震時の鉛直加速度として 1G を考慮）とすれば、これに対応する値は、剛性表示で 2N/mm、含水率表示で 150%となり、その結果、固有振動数表示で 15Hz が目安となることが確認された。なお、15Hz は人間の聴覚領域を超えていることから通常行われている打音試験のような人間の感覚によることは極めて困難である。

打音試験により、固有振動数の変化からボードの劣化状態が把握可能なことを示したが、この方法では直接ハンマーで叩き局所的な面材の振動数を測るため、広域空間や高所の天井などでは困難かつ非効率である。そこで、図 3.3.1(i)に示すように、低周波数音までを出力可能なスピーカーから出力される音波を用いて非接触かつ広域の加振を行い面材の振動数を把握する調査法について検討した。劣化を想定した様々な状態（下地材接合金物脱落状態、含水、繰返し含水）のときと健全時との振動数と比較を行った。このうち、劣化による振動数の変化が最も顕著であった含水率を変化させた時の試験結果を図 3.3.1(j)に示す。これらの結果から、打音試験で確認されたのと同様に、含水率が増加し劣化が進行するにつれて振動数が徐々に低下している様子が音波試験でも確認され、含水率に応じた固有振動数についても打撃加振と音波加振の結果はよく対応しており音波加振でも天井面の応答性状が評価可能であることを示している。この試験では天井面の振動の計測にあたっては、マイクロ波を用いた天井面の振動性状を同定する非接触計測方法を採用している。これについては課題 4 との連携によるものである。



以上の成果を要約すると、経年劣化が不可避なボード類の健全性をモニタリングする方法として、モニタリングすべき指標およびその閾値を示し、さらに実効性を考慮した音波による試験法についてその有効性を示しており、このことから、当初の目標を 90%以上達成したものと判断している。

5.6.3 プロジェクト終了後の活動方針

研究開発課題 3 については、前節までに述べた内容からも理解されるように、その命題である建物の機能維持を目標とする非構造要素の減災に対してほぼ当初の目標を達成してきていると言える。ただし、真の目標は社会実装であり、展開してきた研究内容を社会に普及させることについては今後の課題である。この社会実装という課題のために、例えば、国交省による建築基準整備促進事業の事業課題の提案募集への積極的応募、あるいは建築研究所主導の建築研究コンソーシアムへの積極的な企画立案の応募を継続していき、規基準類あるいは建設業界標準化に向けた活動を展開していく予定である。

5.6.4 その他

国際展開として、今年度開催された世界地震工学会で企画された SPONSE (Seismic Performance Of Non-Structural Element) セッション (NZ のカンタベリー大学の Dhakal 教授 (現 SPONSE Association の President) と元結による共同企画) の中で、本プロジェクトによる成果 4 編を発表した。また、今後の活動内容に関して、天井をはじめとする非構造要素の国際標準化の確立などを提案し、SPONSE Association の主要なメンバーからはその重要性に同意が得られた。

5.7 研究開発課題4「日常から非日常までの安全・機能モニタリング」

キーテクノロジー	安全・機能の数値化
研究開発テーマ	日常から非日常までの安全・機能モニタリング
課題代表者	中村 健太郎 東京工業大学 科学技術創成研究院 教授
実施期間	2017 年 10 月～2022 年 3 月
共同研究機関	東京工業大学、東京大学、セコム（株）、白山工業（株）

5.7.1 マイルストーンと達成状況

課題番号	MS 番号	マイルストーン内容	達成状況
課題 4	MS4	設備機器や非構造部材のセンシング部位を明らかにし、そこに無線センサやファイバーセンサを設置する手法・治具の見通しを得る。②人の移動を検出するセンサの試作と基本性能試験を行う。③非常時の携帯電話電波の利用法の見通しを得る。	（計画達成度 80%） 成果の概要：光ファイバセンサの測定速度を 10 倍程度向上する方式の実現、構成の簡易化を行った。プラスチック光ファイバを用いてひずみの測定範囲を拡大した。また、個室内の人の有無等を、カメラを使わずに推定する方法を考案した。
課題 4-1	MS4-1	①無線センサおよび光ファイバーセンサを設置してデータ取得実験を行い、設置位置などの検証まで実施する。②人の移動センシングの機能を向上させる。③ドローン等を用いた非常時の通信経路確立法を纏める。	（計画達成度 70%） 成果の概要：光ファイバにより歪み分布を実際に測定できることを示した。MEMS 加速度センサの感度向上と無線化を実現した。
課題 4-3	MS4-2	①無線センサおよび光ファイバーセンサについて必要な性能を向上するとともに、使いやすい装置化の見通しを得る。②人の移動センサの情報の活用について、音響式を含めてシステムとしての実証実験を実施する。③センサ情報の集約化実験を実施する。④天井・壁角度測定、層間変位量の測定法を選定する。	（計画達成度 70%） 個室内での人の有無、姿勢（立位・仰臥位）をスピーカーとマイクロホンだけで推定できる手法を考案した。

5.7.2 最終目標に対する成果の詳細

(1) 光ファイバセンサのひずみ測定範囲の拡大

光ファイバ中を進む光のブリルアン散乱光の周波数は光ファイバの伸びに比例して変化するの
で、これをひずみ分布測定に利用する技術が開発されている。しかし、従来のガラス光ファイバ
は数%の伸びで破断するため、このひずみ分布センサの測定可能なひずみの大きさの範囲は2-3%
であり、構造物・非構造物の変形測定には必ずしも十分ではなかった。そこで、50%程度の伸び
を与えても破断しないプラスチック光ファイバをひずみ測定に適用する方法を検討してきた。そ
の結果、20-30%のひずみでも測定できるようになった。しかし、1-2%のひずみに対する周波数変
化と20-30%のひずみに対する周波数変化の符号が異なるため、ひずみ発生履歴を継続的に測
定した場合でないとひずみ量を見誤る場合がある。この欠点は、ガラス光ファイバとの併用など
で避けられると考えている。

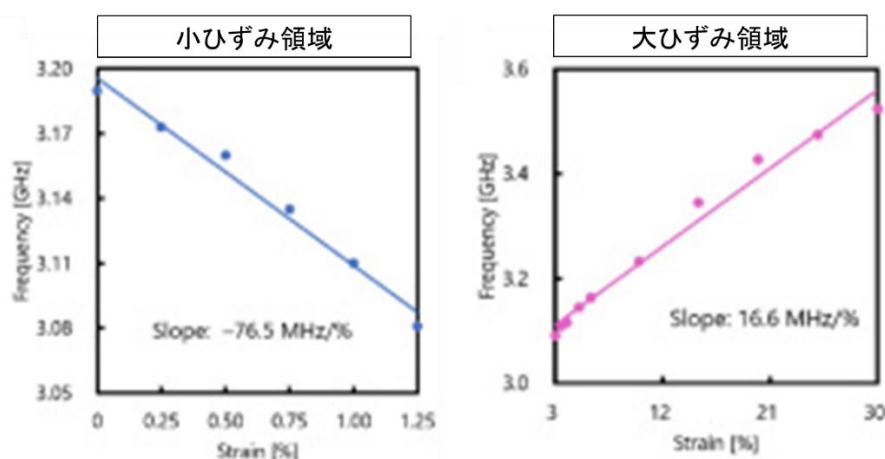


図 4.1.1 ひずみの大きさとプラスチック光ファイバについて測定したブリルアンシフト周波数

また、従来法では光ファイバケーブルに沿って所望の位置のひずみの大きさを取得する測定速
度は限られており、準静的なひずみしか測定できなかった。そのため非構造物の振動など、比較
的周波数の高い振動的ひずみには対応できなかった。そこで、従来のようにブリルアン散乱波の
光周波数ピークに注目するのではなく、散乱光スペクトルの傾斜部分に着目点を固定するスロー
プ法を考案した。この方法によると光ファイバケーブル上の任意の点の振動的なひずみについて、
数 100 Hz でも測定できるようになった。これにより、非構造物の固有振動周波数の変化などを検
出できるので、壁板や天井板の固定状態の変化を監視することができる。

(2) 音響特性による室内の人のセンシング

課題4、課題5ではカメラを用いた人流モニタリングなどの実証試験を行ってきたが、更衣室、
休憩室、トイレなどのカメラ画像を使いにくい場所における人のセンシングが課題であった。そ
こで、カメラを用いない方法として、室内の音響周波数特性に着目した手法を考案した。部屋は
それぞれの部屋に固有の音響周波数特性を有しており、それは人や物の存在によって変化を受け
る。この変化はスピーカとマイクロホンが一組あれば数秒で取得でき、カメラ画像のようなプラ
イバシーの問題は少ない。1/4 スケールモデルによる実験で、個室内の人の有無、立位・仰臥位の
区別などが可能であることが確かめられた。また、室温の影響の排除方法などを検討した。さら
に、実際の部屋においても人の有無などの判定ができることを確かめている。今後、より確度の
高い判定を行うために機械学習の手法などを適用してゆく。

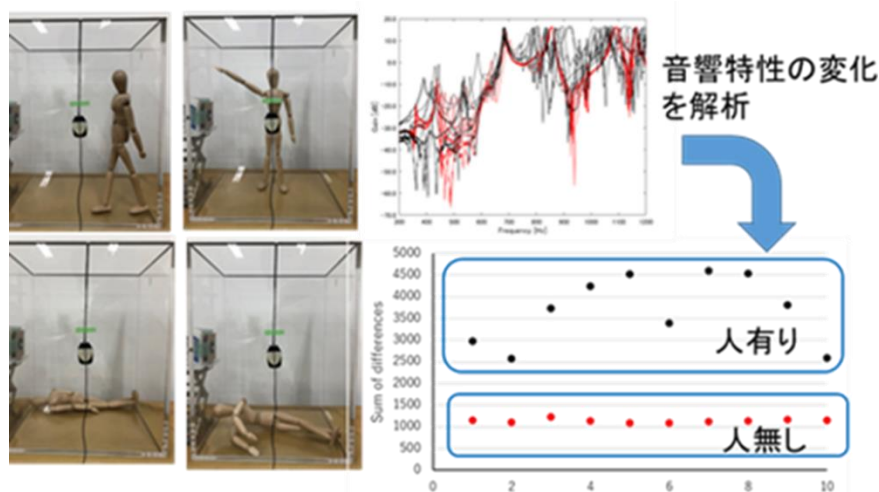


図 4.2.1 音響特性による人の有無・姿勢の検出（1/4 スケールモデルによる実験）

5.7.3 プロジェクト終了後の活動方針

（１）光ファイバセンサの実装

光ファイバによるひずみ分布測定技術は、測定速度、測定範囲、測定感度などの向上は目標に近いものが得られたが、装置構成の複雑さ・コストに課題が残る。このことに関して、装置構成の最小化の検討をプロジェクト期間中に進めており、一定の成果を得ている。光ファイバセンサ技術については、プロジェクト期間中に社会人博士が１名入学したので、実装のための連携を深められる見込みである。また、期間中に助教としてプロジェクトに参画していた者が他大学に准教授として赴任し、新たに光ファイバセンサの研究を立ちあげた。さらに博士課程学生だった者は他大学に助教として赴任し、光ファイバセンサの研究を継続している。

（２）音響特性による室内の人のセンシング

プロジェクト後半に開始したテーマであるが、簡素なハードウェアと簡単な信号処理で構成できる方式のため、実装が容易と思われる。いくつかの企業に技術説明を行っており、共同研究等への展開を目指している。

5.7.4 その他

光ファイバセンサの業界団体である光ファイバセンシング振興協会のイベント等において、プロジェクトの紹介を複数回行った。この協会ではこれまで土木用途が中心であり、いくつかの実応用を展開し、国内・国外の標準化もめざしている。建物への応用についても、専用の光ファイバケーブルの開発、標準化などで互いに協力が行える。

5.8 研究開発課題5「安全・情報を安心につなげる手法の確立」

キーテクノロジー	社会活動の維持のための「安心」の実現
研究開発テーマ	安全・情報を安心につなげる手法の確立
課題代表者	伊山 潤 東京大学大学院工学系研究科 准教授
実施期間	2017 年 10 月～2021 年 12 月
共同研究機関	東京大学、東京工業大学、東北大学、大成建設（株）、（株）アイ・テック、戸田建設（株）、東急建設（株）

5.8.1 マイルストーンと達成状況

課題番号	MS 番号	マイルストーン内容	達成状況
課題 5	MS5	建物全体のモニタリングによって得られたデータを、構造体・非構造部材等の損傷の程度や安全余裕度、設備機器類の機能レベルといった評価尺度に変換して示すための対応付けを行うとともに、評価尺度の中で示される「安全」や「機能の維持」を、「安心」として伝える手法について検討を進め、実建物の一部を取り出した振動台実験による検証ができるところまで具体化する。	（計画達成度 100%） 赤外線人感センサ、加速度センサ、およびひずみセンサによる建物モニタリングシステム構築の計画を定めた。
課題 5-1	MS5-1	モニタリングおよび情報提供システムのプロトタイプを実建物に実装し、データ蓄積、分析および提供するまでの動作検証を行うとともに、居住者の行動および安心感への影響を評価する手法を計画の見通しを立てる。	（計画達成度 100%） 学内の低層建物に実装し、利用者に直接情報を分析提供するまでのシステムを構築した。
課題 5-2	MS5-2	プロトタイプシステム実装結果を評価し、さらに高層建築物へ展開する際の課題を整理し、実装計画を策定する。	（計画達成度 80%） 低層建物に実装したシステムを高層建物へ実装する計画を立案した。さらに、建物の一部を利用して実装、検証することを目指したが、時間上の制約により、実現には至らなかった。

5.8.2 最終目標に対する成果の詳細

【成果の概要】

本開発課題においては、建物全体のモニタリングを通じて、構造部材、非構造部材ならびに人の動きの評価を行い、常時/非常時を問わず建物利用者への情報提供を行い、安心感の向上を導くシステムを構築すること、さらにそのようにして得られた安心感を定量的に評価し、システムにフィードバックをもたらすことを目標とした。これらの目標を実現するため、開発課題5の中に「1）構造性能レベル、機能維持レベルの定量化」「2）心理生理的反応の定量化」「3）避難支援のための情報提供」の3つのグループを設置して研究・開発を行い、これらの成果を統合して、建物モニタリングから情報提供、安心感醸成までを提供するプロトタイプモニタリングシステムを東京工業大学内の建物に実装した。

すでに市販あるいは開発が公表されている建物構造ヘルスマニタリングシステムの例と、本開発課題の成果との違いを表5.1.1に示す。ここでは各社市販のシステムの概要を、公表されているホームページ等からの情報を整理した。ただし、システムの性質上、顧客（建物）の実情に応じて都度カスタマイズが行われており、これらの詳細は非公表のため、実際の仕様とは異なる可能性がある。また、近年活発に開発が進められているため、最新の仕様とは異なる場合があることは注意を要する。多くのシステムで計測対象は加速度のみであり、建物全体の揺れから建物損傷を推定するシステムとなっている。一部光ファイバを用いたひずみ計測システムがあるが、主として橋梁での適用が想定されており、建物への適用は困難と考えられる。また、情報提供先は建物管理者や事業者向けであることが多く、利用者への情報伝達は間接的である。

これらの既存のシステムに対し、本開発課題の目標は、加速度、ひずみ、人流など、多様な指標の計測結果を統合して分析すること、利用者に直接的に情報提供を行い、安心感を導くこと、建物レベルにとどまらず部材レベルまでの詳細な損傷判定を行うことであった。まず、計測対象については、加速度、ひずみ、人流を統一したセンサネットワークでデータ集積することを可能とした【成果5-①】。人流計測の手法として、赤外線人感センサを用いた方法【成果5-③】と加速度記録を人流推定に用いる方法【成果5-④】を構築した。本来、加速度計測は主として構造性能評価に用いるために行われることが多いが、これを人流計測に応用できたのも、本システムにおけるデータ統合のメリットを最大限生かした結果である。

また、収集したデータは即時処理され、人流情報や震度情報としてディスプレイにリアルタイム表示するシステムを構築した【成果5-⑤】。その際、安心感の定量化手法【成果5-②】に基づき、より安心感を導く工夫を随所に盛り込んでいること、ディスプレイ付近の画像計測等から安心感を定量的に評価可能な手法を採用している点も極めて特徴的である。

安価に加速度応答やひずみ応答を計測できるシステムとして構築されており、実建物での多点計測を開始してきている。地震被害が生じるような大地震は稀であるため、その実用性検証には時間がかかるが、継続的な計測や振動台実験との併用により、今後実用性・適用性の確認が進むことが期待される。

表 5.1.1 市販の建物構造ヘルスマニタリングシステムの例と本開発目標の違い

開発元 (略名称) (発表年)	計測対象 (加速度 ひずみ 人流)	利用者への直接的情報提供	構造部材、非構造部材レベルの損傷判定
本開発課題	○ ○ ○	○常時・非常時にかかわらず常に情報提供、安心感を醸成	○各部材の加速度・ひずみの直接計測による損傷判定
N 設計 (2014)	○ × ×	×防災センターでデータ受信後利用者のアナウンス	△ 建物全体応答からの推定値を算出
T 建設ほか (2014)	○ × ×	△インターフォンやスマートフォンへの情報提供も可能	× 建物全体の健全性を表示
M ビル	○	×建物管理者向けを想定	△

(2013)	×		建物全体応答からの推定値を算出
T 建設ほか (2017)	○ ×	×	△ 建物全体応答や常時観測結果からの推定値を算出
K 建設 (2006)	? ○ (光ファイバ) ×	×	○ファイバのどの位置でひずみが発生したかを判定できる。
O 組ほか (2010)	音を検出	×	○センサ多数配置によりひび割れ箇所の特定が可能

【成果 5-① 多様な計測指標を統合するセンサネットワークの構築】

本課題においては、構造部材や非構造部材の性能を評価するためには加速度応答とひずみを計測する必要が、避難支援等のための情報提供のためには人流を計測することが必要であった。計測センサネットワークの構築に際し、これら異なる情報を同じ情報ネットワーク上で計測・データ収集することにより、これらのデータを総合的に分析可能なプラットフォームとすること、長期的・安定的に稼働しメンテナンスが容易であること、システム稼働後も容易にセンサ数や種類を増やすことができる高い拡張性を有することを目標とした。

開発した加速度、ひずみ、および人の動きを検知する計測ユニットの例を図 5.1.1 に示す。加速度センサユニットには、MEMS 加速度センサ ADXL355 を用いている。このセンサは MEMS 加速度センサのなかでは高精度を有するものであり、サンプリング周波数も最大 4kHz までの計測が可能であるが、建物各部の振動は最大でも 10~20Hz 程度であることを考慮し、サンプリング周波数を 125Hz までに留め、プロセッサおよび通信負荷の低減を図った。ひずみを計測するユニットには、HX711 という AD コンバータチップを利用した。このチップについては精度等についてかならずしも詳細なデータが公開されていないが、ほぼ 1 チップで仕様上サンプリング周波数 80Hz、24bit 精度での電位差計測が可能とされており、非常に安価であるため、本課題で検証を行うものとした。また、人の動きを検知するセンサとしては、基本的に赤外線人感センサを用いた。このセンサについてもかならずしも高精度なものではないが、非常に安価に人の動きの有無のみを検出できるため、このデータを活用できれば、低コストで計測システム構築が可能となる。またその他、赤外線 ToF センサや赤外線通過カウンタ、MEMS ジャイロセンサ等の接続も可能となるように、システムの設計を行っている。

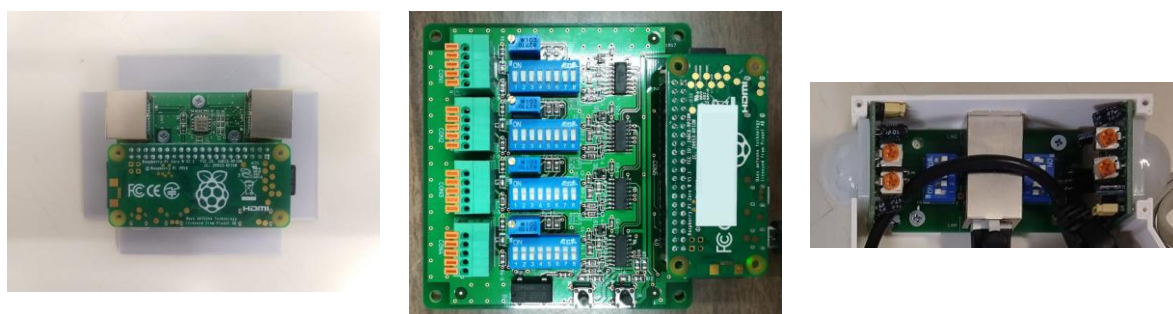
これらのセンサユニットを統合するセンサネットワークの概要を図 5.1.2 に示す。センサユニットは Wi-Fi およびイーサネット経由で接続し、MQTT プロトコルによりデータをサーバに送信する構成とした。ネットワーク基盤としてイーサネットおよび Wi-Fi を利用したのは、これが長年にわたって利用されてきている安定した技術であることが主な理由である。近年は各種のワイアレス技術 (LoRa、SigFox、Zeta など) も登場しており、活用の可能性は考えられるが、建物外の通信と比較すると、建物内の通信であれば有線 LAN を配線することの困難度は低いこと、すでに配線されているイーサネットケーブルの活用も考えられることなども考慮した。また、通信プロトコルとして採用した MQTT は、IoT に適した軽量でオープンなプロトコルであり、各種言語によるライブラリが充実しているため、ソフトウェア開発が極めて容易で汎用性が高い。今回の開発においては、加速度計測ユニットのプログラム作成や、赤外線 ToF センサユニットの作製・接続、取得した加速度記録の分析などには複数の開発者・研究者が共同して取り掛かったが、いずれも極めてスムーズに短期間で開発が可能となっており、その有用性が確認された。

作製したセンサユニットのうち、加速度計測ユニットについては、非構造部材のついた鉄骨骨組および RC 骨組の静的載荷試験における構造躯体と非構造部材の計測に用い、本ユニットの計測精度および損傷計測の可能性を調査した。鉄骨骨組の実験においては、間仕切り壁および ALC 版 (Autoclaved Lightweight aerated Concrete) に加速度ユニットを貼付し、その値から計算される壁の傾きの推移と卓越振動数の変化を調査した。RC 骨組の実験では、非構造部材の計測に加え、柱・梁・壁にも加速度ユニットを多数貼付し、各点における傾斜角から部材の変形形状を推定す

ることを試みた。極めて安価な加速度計測ユニットではあるが、いずれの実験においても部材の傾きや振動数を的確に捉えることができ、変形状態の評価に有効であることが明らかとなった。また、大学内の実建物において、地震発生時にセンサネットワークを介して得られた加速度記録に基づき建物の安全性を確認し、図 5.1.2 に示すようなかたちで情報提供を行うことで、建物利用者の安心につなげることを試みている。

ひずみ計測ユニットについては、作製したひずみ計測ユニットと高精度半導体ひずみゲージを組み合わせ、実建物の補強鉄骨ブレースの計測を実施した。計測された加速度波形およびスペクトル形状は、理論的な予測や計測対象建物の固有振動数とも整合しており、十分な精度を有することを示している。

人感センサユニットについては、作製した計測ユニットを大学内の建物への試験設置を行って、その可用性について検証を実施、適宜改良を継続した。計測対象建物は5階建ての大学校舎である。人の行動を観測することができるよう、人感センサユニット 32 台を階段室および廊下に配置し、お互いに無線 LAN ネットワークで接続してデータをサーバに集積するシステムとしている。なおこのネットワークによる計測結果の分析については、【成果 5-③】および【成果 5-④】において後述する。



(a) 加速度計測ユニット

(b) ひずみ計測ユニット

(c) 人感センサユニット

図 5.1.1 製作したセンサユニットの例

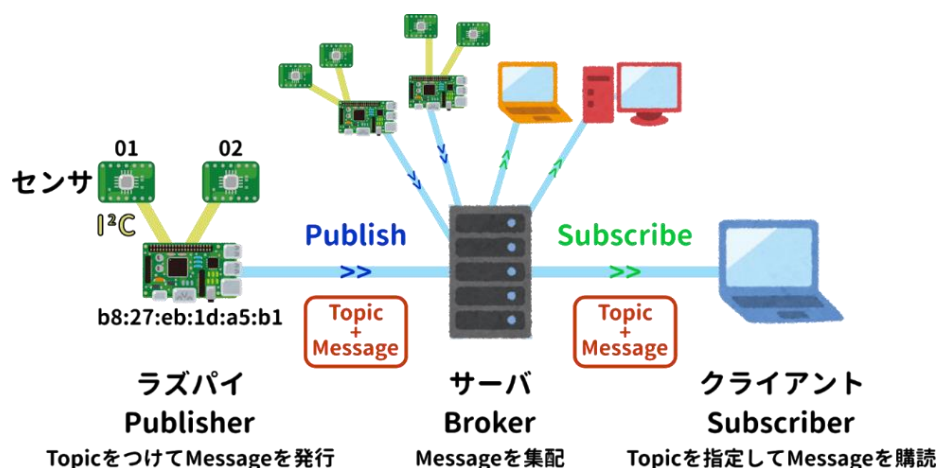


図 5.1.2 構築したセンサネットワークの概要

【成果 5-②】 振動台実験による心理生理的反応の定量化

東京工業大学心理学実験室（実験 1）および戸田建設株式会社筑波技術研究所（実験 2）にて、図 5.2.1 に示す流れで実験を行い、揺れの継続時間の予測情報の提供有無が心理的・生理的反応にどのような影響を及ぼすか検討した。実験 1 と実験 2 の主な違いは、「地震体験」の部分で、実験 1 では、緊急地震速報のみを視聴する「擬似的な地震体験」をさせ（A 群）、実験 2 では実大振動試験装置において（図 5.2.1 左図）、緊急地震速報を視聴した後に、実際に揺れを体感させた。この実験では、地震体験中に予測情報を提示しない群（B 群）と提示する群（C 群）を設けた。なお、A 群には、B 群と同様に予測情報を提示しなかった。

物理的な揺れの無い A 群において、状態不安が擬似的な地震体験後に有意に上昇 ($F(2, 56)=9.44$, $p<.01$) し、重心動揺指標である閉眼状態の外周面積も有意に増加したことから

($t(28)=2.67$ 、 $p<.05$)、緊急地震速報が与える心理的な影響が平衡感覚機能にも影響を及ぼす可能性が示唆された。この結果は、緊急地震速報が警報としての機能が顕著に認められることを示すものである一方、建設系大学院生を対象としたワークショップにおいて、「安心を実現するための具体案」として、「緊急地震速報の改善」が挙げられていたことから、要検討課題であることが明らかとなった。改善案の1つとして、地震やその後取るべき行動に関する情報提供が求められていることが指摘されていることから、ここでは、揺れの継続時間予測情報提供の有用性を検討することとした。

予測情報提供有無による心理生理的反応をB群とC群で比較検討したところ、心理的反応として状態不安(STAI-state 尺度)は、両群ともに有意に地震体験後に上昇し($F(2,72)=3.60$ 、 $p<.05$)、予測有無による相違は認められなかった。次に、生理的反応として、緊急地震速報に対する反応(皮膚コンダクタンス反応)(図5.2.3)は、予測有無による相違はなく、両群において有意に減少し($F(1,28)=12.13$ 、 $p<.01$)、繰り返しの地震体験による慣れの効果がみられた。一方、地震体験中の生理的反応(振動中の最大皮膚電気活動値)(図5.2.3)には、予測情報の提供有無が影響を及ぼしていることが明らかとなり、地震体験2回目のC群において、皮膚電気反応の低下が認められた($F(1,26)=3.11$ 、 $p=.089$)。

予測情報(地震継続時間など)の提供が、緊急地震速報への反応には影響を及ぼさない一方で、地震体験中の恐怖反応を軽減させることを皮膚電気活動から実証することができ、予測情報の提供の有用性を確認することができた。

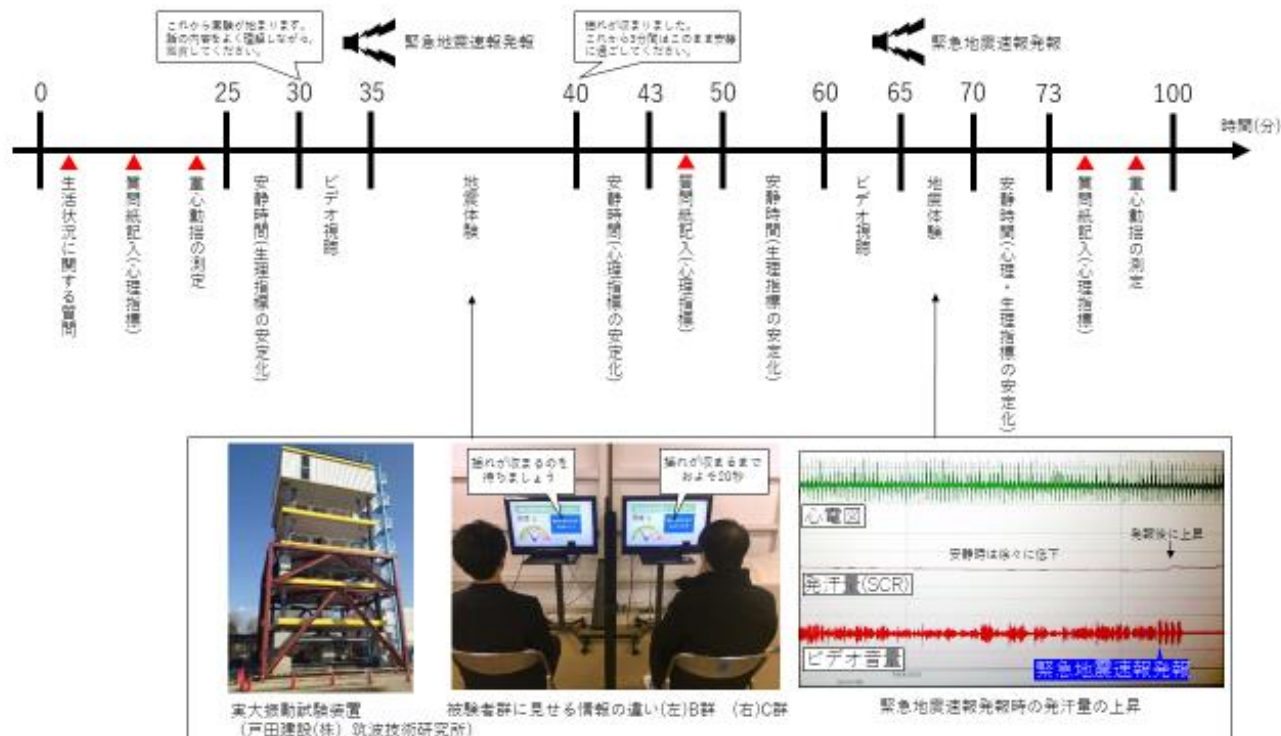


図 5.2.1 実験の流れ

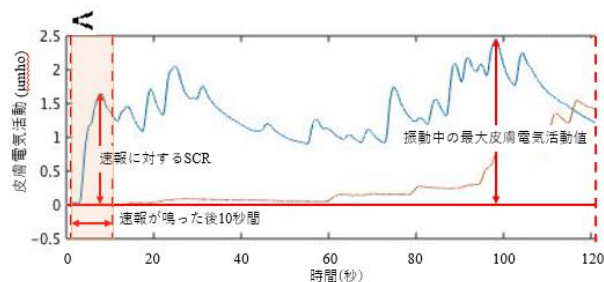


図 5.2.2 皮膚電気活動の計測事例

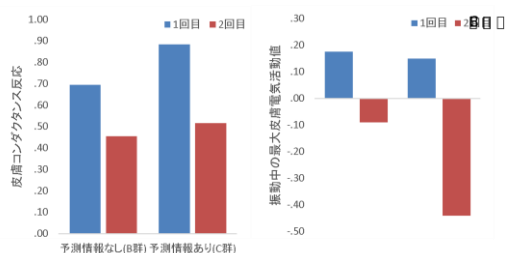


図 5.2.3 皮膚コンダクタンス反応 (SCR) と振動中の最大皮膚電気活動値の平均値 (log 値)

さらに、地震時の心理生理的反応を評価する補完的な指標として、被験者の視線情報を追加した。視線情報を用いることで、地震時に被験者が感じる不安度やストレスを、視線の動きや瞳孔径、瞬目回数などから定量的に把握できるようになるとともに、画面上での揺れ情報の提示効果も視線の分布により検証することが可能となる。こうした地震時の視線情報に着目した既往研究はほとんど見られず、独自性の高い研究といえる。

実大振動試験装置を用いた実験（図 5.2.4）では、「予測なし」の被験者群にはグラス型の視線計測装置（Tobii Pro Glasses 2：図 5.2.5(a)）を、「予測あり」の被験者群にはスクリーン固定型の視線計測装置（Tobii Pro nano：図 5.2.5(b)）を使用した。被験者の注視点分布の変化を見ると（図 5.2.6）、(a)緊急地震速報から画面が切り替わった直後は、震度情報、加速度メーター、予測情報を満遍なく注視する傾向が見られるが、(b)その後は動きのある加速度メーターを中心に注視するようになる。(c)画面右側の予測情報が変化することがわかるとその部分に注目が移り、(d)揺れが収まってくると震度情報と予測情報の両方を注視するようになる。このように、時間の経過や画面の変化とともに、被験者が注目する領域は時々刻々と変化することを視覚的に確認できたが、画面上部のメッセージは、変化が少ないこともあり、あまり注視されることはなかった。今後、視線計測の結果をふまえた画面デザインの改良に取り組む予定であり、後述の「階段室内利用者分布の常時モニタリング」における情報提示効果検証への応用も見据えている。

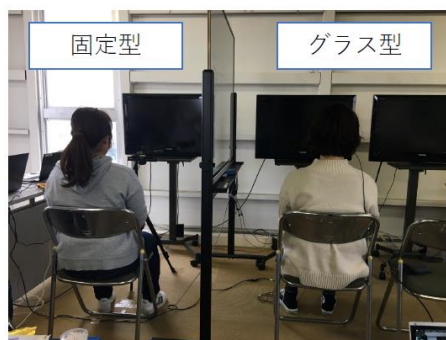


図 5.2.4 実験の設定

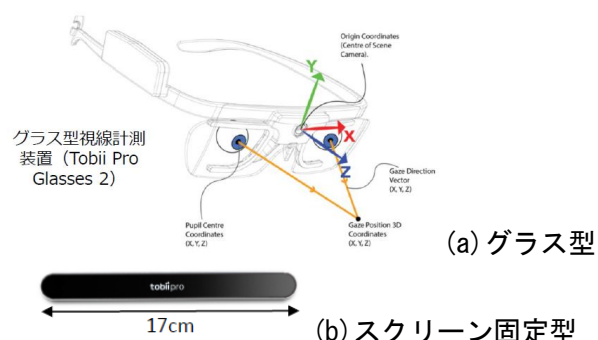


図 5.2.5 使用した視線計測装置（出典：Tobii）



図 5.2.6 被験者の注視点分布の変化（予測あり）＜注視時間＞短 長

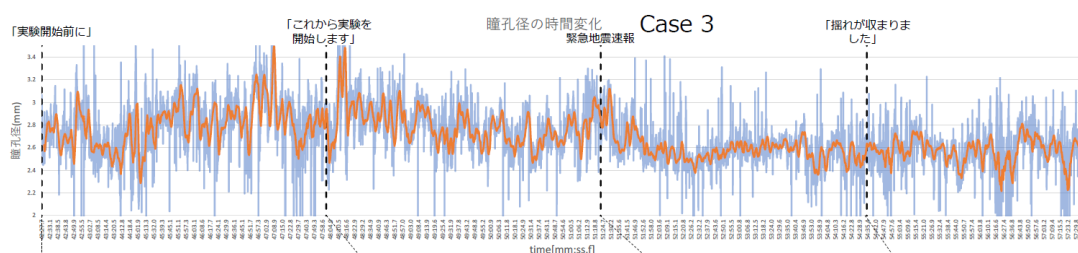


図 5.2.7 被験者の瞳孔径の変化（予測あり）

被験者の瞳孔径に着目すると（図 5.2.7）、緊急地震速報の提示で瞳孔径の大きさはピークとなるが（交感神経が優位＝ストレス[高]）、一旦瞳孔径は小さくなる。その後、再び瞳孔径はやや大きくなるが、これは、提示情報の変化に追従するために画面への注目度が高まっていることを裏付けている可能性がある。また、緊急地震速報の表示以降は、R 波間隔（心拍数の逆数）と瞳孔径の位相が整合している傾向も見られ、複数の心理生理的反応間の関係も確認することができた。

【成果 5-③】 赤外線人感センサを用いた階段室内移動者分布の推定

赤外線人感センサの挙動と階段室内移動者数分布の関係性に基づき、機械学習を用いた建物内滞留者数分布の推定手法を提案した。ここでは、発災後の避難時において避難者密度の高まりに起因する避難遅延や群集事故の危険性のある階段室内移動者に着目した。具体的には、まず、防災訓練時に避難者行動の観測調査を実施し、避難者の詳細な歩行軌跡データおよび赤外線人感センサ挙動データを観測した。次に、歩行軌跡データをもとに、在館者の避難行動を記述する「建物内避難行動モデル」と、歩行者に対するセンサ挙動を記述する「センサ反応モデル」を構築した。これら2つのモデルを用いて、擬似的な人流データとそれに対応するセンサ挙動データを多数生成し、センサ挙動から階段室内移動者数を推定するニューラルネットワークモデルを構築した。

防災訓練時の調査における実際の移動者数分布とセンサ挙動データから推定した移動者数分布の推定結果を図 5.3.1 に示す。移動者数分布の時刻推移は概ね良好に記述できている。移動者数分布のピークのずれ（例えば、18:20 頃）については、センサの精度を向上させることが必要である。

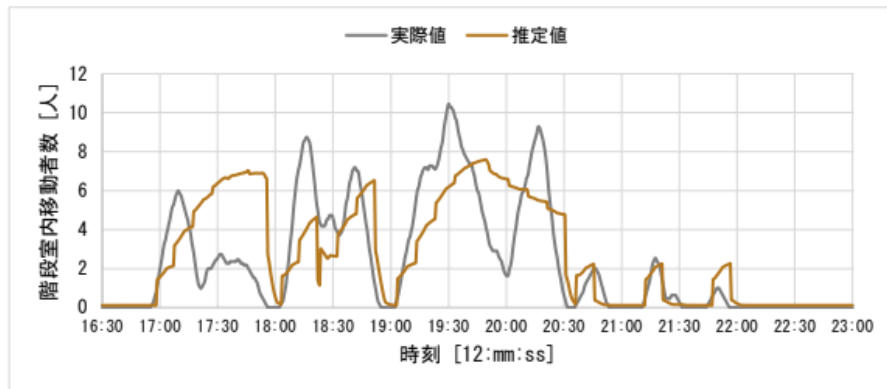


図 5.3.1 ニューラルネットワークモデルを用いた階段室移動者数の推定結果

【成果 5-④】 加速度センサを用いた階段利用者数および移動方向の推定方法の提案

加速度センサで観測した歩行振動（加速度データ）をもとに階段利用者数、および、移動方向を推定する手法を構築した。具体的には、まず、加速度データから階段の揺れの程度を表す指標値（ W 値・ Sw 値）を推定した。 W 値は加速度データをフーリエ変換し、特定の振幅に注目した値であり、 Sw 値は歩行者がセンサ部を通過している時間（振動区間）の W 値の積分値として定義した。これらの指標値と階段利用者数の関連を明らかにすることで、階段利用者数を推定するモデルを構築した。次に、加速度データに含まれる歩行以外の振動ノイズを、隣接階の加速度データを用いて除去するノイズ除去フィルターを作製し、これを用いて、階段利用者数を過大推計してしまう問題を克服した（図 5.4.1）。さらに、階段室内での歩行を再現する「歩行モデル」と、歩行者に対するセンサ挙動を記述する「センサ反応モデル」を構築し、擬似的な人流データとそれに対応する加速度データを多数生成した。生成した大量のデータを教師データとして活用し、歩行者数および移動方向を推定するニューラルネットワークモデルを構築した。テスト用データを入力した場合の推定結果を図 5.4.2 に示す。長いタイムスパンでの常時観測であれば十分な精度で推定可能であることを示した。

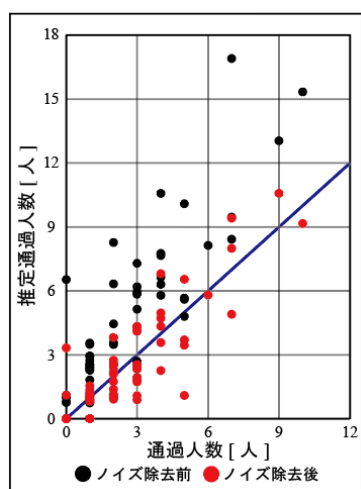


図 5.4.1 ノイズ除去前後の推定結果

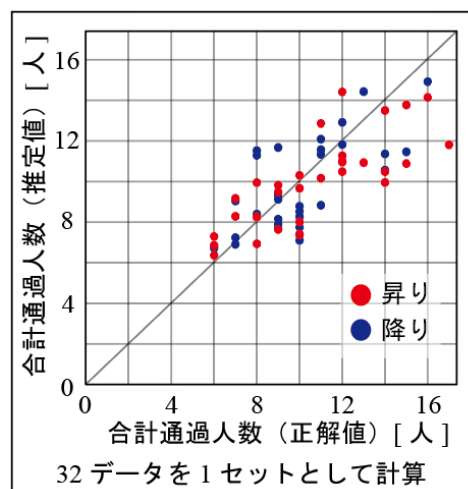


図 5.4.2 歩行方向推定の結果

【成果 5-⑤】 常時・非常時を通じたモニタリングと情報提供の実装

【成果 5-①】で開発したセンサユニットおよびネットワークシステムを東京工業大学緑ヶ丘 1 号館（鉄筋コンクリート造、地上 5 階、地下 1 階（図 5.5.1））に実装した。階段室に設置された加速度センサと赤外線人感センサを有するセンサユニットの設置状況を図 5.5.2 に示す。これらのセンサユニットからのデータは、正面玄関入口に設置したサーバに集約、即時分析され、図 5.5.3 に示すように大型ディスプレイに常に表示されている。表示画面の例を 図 5.5.4 に示す。平常時は建物利用状況や混雑状況を利用者に把握してもらうために、主として館内の階段利用者分布を表示している。これには【成果 5-④】で構築したモデルを用いて階段利用者数をリアルタイムで推定するシステムを活用している。一方、加速度センサが地震を感知すると、画面が自動的に切り替わり、図 5.5.4(b) のような注意を喚起する画面となる。ここには建物の揺れの状況をわかりやすく表示しており、利用者の冷静な行動を促す効果が期待される。

併せて、【成果 5-②】で検討した視線計測により画面を注視した利用者の不安感を把握するシステムも設置されている。このシステムの適用性の検証は途上であるが、情報提供と合わせて利用者の行動や心理状態の把握を継続することで、より安心感を導く情報提供システムへの進化を目指している。

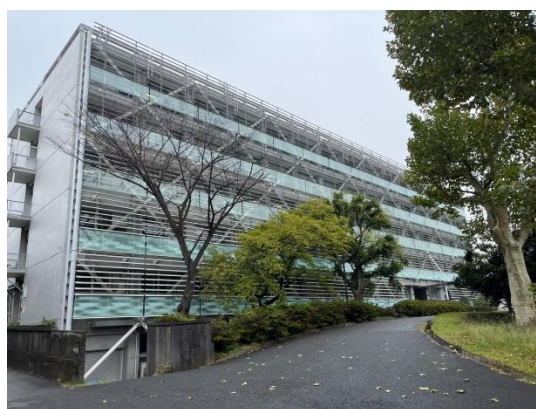


図 5.5.1 実装建物外観（東工大 緑ヶ丘 1 号館）



図 5.5.2 センサユニット設置状況



図 5.5.3 実建物での情報提供画面設置状況



図 5.5.4 緑が丘 1 号館モニタリングシステム画面

5.8.3 プロジェクト終了後の活動方針

- ・高層建築物への建物モニタリングシステムの展開・実装は、プロジェクト終了後次年度も継続する。2022 年度以降に建物全階にわたるセンサ配置およびネットワーク敷設計画を立案し、建物の一部を利用した実証実験を計画している。
- ・低層建物での実証(東京工業大学緑ヶ丘1号館、【成果 5-⑤】)は、来年度以降も継続することとしており、さらに高密度な計測を目指して拡充を予定している。
- ・【成果 5-①】で用いたセンサユニットおよびネットワークについては、地震後の機能維持や事業継続性を高めることを目的とする複数の共同研究に活用する予定である。

5.8.4 その他

・2019 年度～2021 年度 東京工業大学大学院 都市・環境学コースの講義「特別実験 S1」にて「建設系大学院生を対象とした地震時における高層建築の安全・安心に関するワークショップ」(2 コマ)を実施した(担当教員:佐藤大樹 東工大科学技術創成研究院 准教授)・永岑光恵 東工大リベラルアーツ研究教育院 准教授)。

・2019 年 9 月 19 日「「安心」の実現のために心理学が貢献できること」シルバー大学会(目黒区)で地域住民を対象とした講演を行った(講師:永岑光恵 准教授)

・2020 年 1 月 20～21 日 および 2021 年 1 月 27 日 近畿能力開発大学校での特別講義を実施、本研究開発課題の目標や成果を紹介した。(講師:伊山 潤(東大大学院工学系研究科准教授))

・2021 年度の戸田建設新入社員 135 名を対象として、google form を用いた防災意識調査アンケートを実施した(有効回答数:124 名)。学生時代の専攻は、75%が建設・土木系であった。過去の震災経験に対して、どのような点で記憶に残っているかという設問に対する回答では、インフラの遮断や情報源が存在しない事による不安といった点について言及しているケースも多く、また、逆にメディア等で報道される錯綜した情報に困惑したという回答もあり、災害時の適切な情報発信の重要性が改めて示唆される結果となった。

地震発生時に自宅に生じる被害の想定としては、家屋の倒壊や天井の落下といった大きな被害はあまり発生するとは考えられておらず、家具の転倒や小物類の落下等の軽微な被害について心配であるとの回答が多かった一方で、家具の固定等の震災対策を行っている割合としては 40%に留まっている事が分かった。これについては、賃貸住宅であるゆえに固定がしづらい事や、適切な方法が分からないといった理由が大半を占めており、防災・減災の専門家からの情報発信によって改善されるものと推察される。

最後に、構造ヘルスマニタリング(SHM)についての設問に対する回答としては、知っているという回答したのは 16%に留まり、まだ一般には浸透していない概念であるという事が示唆される結果となったが、一般的な SHM で示されるような建物の健全性の評価結果を受け取れると安心感につながるという回答が多数を占めた。また、適切な避難経路や避難所の情報といったものも有効であるという回答が多く見られ、本課題で目指す総合的なシステムの有効性にも期待が持たれる結果となった。

6 非競争領域からの展開（活動実績）

本 OPERA プログラムにおいて、非競争領域の成果を基にベンチャー企業を設立するなどの活動は5年間を通じて実績はない。これは、本領域が主に関わる建設業では、他の業種と異なり、個々の技術が集合して成り立つ事業形態に因るところが大きい。

研究開発課題2の実大実験装置の建設、運用については現在、様々なルートで予算獲得の活動が実を結びつつあり、大きな事業へと展開することを目指して活動が続けている。

知財の活用の例として、東工大と三井住友建設株式会社との共同研究で開発された損傷制御型トラス梁構法「雷靱 RAIJIN」(<https://www.smcon.co.jp/topics/2021/03291300/>) は、地震による被害低減と早期復旧を両立したレジリエントな大空間構造の設計法である。東京工業大学を中心に普及に貢献してきたパッシブ制振構造を、大スパントラス構造に展開した技術であり、設計法を確立して日本 ERI 株式会社による評定（ERI-K20010 号）（構造性能評価）を取得し、実用化が最も近い技術開発となっている。

また、主要幹事大学である東京工業大学、東京大学、東北大学は、「オープンイノベーション整備」事業に採択されており、OI 機構の事業で展開できる成果については、積極的に競争領域への移行を検討し、大きな事業に展開したい。

(終了報告) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:東京工業大学】

領域名:大規模都市建設における日常から災害時まで安心して社会活動が継続できる技術の創出

項目				実績		備考
① プロトタイプ				0	件	
② 実用化				0	件	
③ 事業化(製品・サービス等の提供)				0	件	
④ 起業(ベンチャー企業等の設立)				0	件	
⑤ 知的財産権の状況	出願	領域全体	国内	2	件	
			外国	0	件	
		うちパイドール適用	国内	2	件	
			外国	0	件	
	登録	領域全体	国内	0	件	
			外国	0	件	
		うちパイドール適用	国内	0	件	
			外国	0	件	
	ライセンス			0	件	
	ライセンス収入		件数	0	件	
金額			0	千円		
⑥ 成果の発信	プレス発表(イベント告知は除く)			0	件	
	成果発信イベントの開催			0	件	
	展示会への出展	国内	2	件		
		外国	0	件		
⑦ 掲載・放映	雑誌掲載(WEB含む)			10	件	
	新聞掲載(WEB含む)			9	件	
	テレビ放映			1	件	
⑧ 外部資金の獲得	成果の展開に関連して (全実施期間)	採択	0	件		
		金額	0	千円		
	研究開発費として (全実施期間)	採択	4	件		
		金額	21,500	千円		
⑨ 論文	論文			148	件	
	うち査読論文			143	件	
	その他著作物(総説、書籍など)			2	件	
⑩ 発表	口頭発表			192	件	
	ポスター発表			1	件	
	招待講演			0	件	
	その他			0	件	
⑪ 受賞				44	件	
⑫ 参加者	領域全体			176	人	

(終了報告) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:東京工業大学】

領域名: 大規模都市建設における日常から災害時まで安心して社会活動が継続できる技術の創出

① プロトタイプ

No	成果名称	発表等時期	担当機関 (企業・大学等)	概要	備考 (関連する研究開発課題番号等)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

② 実用化

No	成果名称	発表等時期	担当企業等	概要	備考 (課題番号等)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

③ 事業化(製品・サービス等の提供)

No	製品・サービス等の名称	発売等時期	担当企業等	概要	備考 (課題番号等)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

④ 起業(ベンチャー企業等の設立)

No	法人名称	設立時期	シーズ	概要	備考 (課題番号等)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

(終了報告) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:東京工業大学】

領域名大規模都市建設における日常から災害時まで安心して社会活動が継続できる技術の創出

⑤-1 知的財産権(出願) A特許 | Bその他の知的財産権

A 特許

No	知財の名称	出願番号	ハイ・ドール 適用	出願人	国内/外国	備考備考 (関連する研究開発課題番号等)
1	鉄筋コンクリート梁	特願2021- 122541	○	東京工業大学、株 式会社熊谷組	国内	研究開発課題1
2	トラス梁	特願2019- 12536	○	東京工業大学、三 井住友建設株式会 社	国内	研究開発課題1
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						

B その他の知的財産権（実用新案権、意匠権、回路配置利用権、育成者権など）

No	知財の名称	出願番号	ハイ・ドール 適用	出願人	国内/外国	備考
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

(終了報告) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:東京工業大学】

領域名:大規模都市建設における日常から災害時まで安心して社会活動が継続できる技術の創出

⑤-2 知的財産権(登録) A特許 | Bその他の知的財産権

A 特許

No	知財の名称	特許番号	パイ・トール 適用	出願人	国内/外国	備考 (関連する研究開発課題番号等)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						

B その他の知的財産権（実用新案権、意匠権、回路配置利用権、育成者権など）

No	知財の名称	登録番号	ハイ・ツール 適用	出願人	国内/外国	備考
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

【終了報告】OPERA 活動実績一覧【幹事機関:東京工業大学】

領域名: 大規模都市建設における日常から災害時まで安心して社会活動が継続できる技術の創出

⑥ 成果の発信

No	発表年月日	発表タイトル、イベント名など	発表機関	主な対応者	発信形式	備考
1	2021 9/26-12/24	17WCEE第17回世界地震工学会議	東京工業大学 (SOFTech)	田中 章	展示会への出展(国内)	仙台 https://17wcee.jp
2	2017/10/27	建設通信新聞 コンソーシアム立ち上げに関する記事	東京工業大学	山田 哲	新聞掲載	
3	2017/12/21	建設通信新聞 東工大OPERAのコンソーシアム(SOFTech)設立シンポジウム	東京工業大学	山田 哲	雑誌掲載(WEB含む)	
4	2017/12/22	建設通信新聞 3方向加圧実験装置設置計画について	東京工業大学	笠井和彦	新聞掲載(WEB含む)	
5	2018/3 掲載	東京工業大学ホームページ 「研究ストーリー」 東工大の代表的なプロジェクト紹介	東京工業大学	笠井和彦	雑誌掲載(WEB含む)	
6	2017/12/22	日経ホームビルダー(2018年1月号)p51-61 特集「2018年の住宅界を読む」	東京工業大学	笠井和彦	雑誌掲載(WEB含む)	
7	2018/4/16	鋼構造ジャーナル 全国鉄鋼工業協会は吉敷准教授他2名で構成される審査専門委員会が承認した550N鋼適応鉄骨工事の円滑化を目指す	東京工業大学	吉敷祥一	雑誌掲載(WEB含む)	
8	2018/7/23	鋼構造ジャーナル 全国鉄鋼工業協会は吉敷准教授他2名で構成される審査専門委員会にて、申請のあった3工場がガイドラインに適合していることを確認。	東京工業大学	吉敷祥一	雑誌掲載(WEB含む)	
9	2018/10/22	鋼構造ジャーナル 2018年10月12日開催の新潟県鉄骨工業主催の第2回講習会において「鉄骨造建築物の被災後調査法について」という演題で講演	東京工業大学	吉敷祥一	雑誌掲載(WEB含む)	
10	2019/3/8	日刊工業新聞 三井住友建設と東工大吉敷准教授とは共同で、鋼製のトラス梁に座屈拘束部材を組み込んだ「損傷制御型トラス梁」の開発に着手	東京工業大学、三井住友建設	吉敷祥一	新聞掲載(WEB含む)	
11	2019/2/27	日刊建設工業新聞 三井住友建設と東工大吉敷准教授とは共同で、鋼製のトラス梁に座屈拘束部材を組み込んだ「損傷制御型トラス梁」の開発に着手	東京工業大学、三井住友建設	吉敷祥一	新聞掲載(WEB含む)	
12	2019/2/27	建設通信新聞 三井住友建設と東工大吉敷准教授とは共同で、鋼製のトラス梁に座屈拘束部材を組み込んだ「損傷制御型トラス梁」の開発に着手	東京工業大学、三井住友建設	吉敷祥一	新聞掲載(WEB含む)	

13	2019/2/26	日経新聞 三井住友建設と東工大吉敷 准教授とは共同で、鋼製のト ラスト梁に座屈拘束部材を組 み込んだ「損傷制御型トラス 梁」の開発に着手	東京工業大学、 三井住友建設	吉敷祥一	新聞掲載(WEB含 む)	
14	2019/1/1	鉄骨にいがた 第37号 2018年10月12日開催の新潟 県鉄骨工業主催の第2回講 習会において「鉄骨造建築物 の被災後調査法について」と いう演題で講演	東京工業大学	吉敷祥一	雑誌掲載(WEB含 む)	
15	2018/7/3	鉄鋼新聞 新日鉄エンジニアリングが球 面すべり支承の実大動的試 験をUC.San Diegoで実施	東京工業大学、 新日鉄エンジニ アリング	山田 哲	新聞掲載(WEB含 む)	
16	2019/1/17	建通新聞 日本学術会議土木工学・建 設学委員会は1月15日に公 開シンポジウムを開催。東工 大笠井特任教授が、「免震・ 制振部材の実大実験をめぐる 国内外の状況」と題した講 演を行った。	東京工業大学	笠井和彦	新聞掲載(WEB含 む)	
17	2018/8/31	建設通信新聞(Web版) 実大実験に大型動的加力装 置実現を！ イノベーション・ ジャパン2018でアピール 米 国で実大動的実験実施 https://www.kensetsunews.c om/web-kan/231691	東京工業大学	笠井和彦	新聞掲載(WEB含 む)	
18	2018/8/30	鉄骨置屋根構造体育館の耐 震診断法と避難所としての適 応性—2016年熊本地震—7, 被害体育館に関する耐震診 断検証例-2, 建築技術、 No.822, pp.148-153	東京工業大学	竹内 徹	雑誌掲載(WEB含 む)	
19	2019/1月	超高層の構造計画とわが国 の可能性、Structure, 日本建 築構造技術者協会(JSCA), No. 149, pp. 60-63	東京工業大学	竹内 徹	雑誌掲載(WEB含 む)	

20	2019/2/18	メディア:ディスカバリーチャンネル 番組名: Tomorrow by Japan 出演時間 下記videoの17:25 から1分半程度 https://www.facebook.com/DiscoverySEAsia/videos/431387650943668/?t=4	東京工業大学、 白山工業	永岑光恵	テレビ放映	
21	2021/9/6	鋼構造ジャーナル 打込鋲システムを実用化	東京工業大学	吉敷祥一	雑誌掲載(WEB含む)	
22	2019/11/9	Structural Steel Conference (PSSC2019)	東京工業大学	田中 章	展示会への出展(国内)	
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

(終了報告) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:東京工業大学】

領域名: 大規模都市建設における日常から災害時まで安心して社会活動が継続できる技術の創出

⑦掲載・放映

No	発表 年月日	メディア名 掲載・放映内容の概要	発表機関	主な対応者	形式	備考
1	2017/10/27	建設通信新聞 コンソーシアム立ち上げに関する記事	東京工業大学	山田 哲	新聞掲載(WEB含む)	
2	2017/12/21	建設通信新聞 東工大OPERAのコンソーシアム(SOFTech)設立シンポジウム	東京工業大学	山田 哲	雑誌掲載(WEB含む)	
3	2017/12/22	建設通信新聞 3方向加圧実験装置設置計画について	東京工業大学	笠井和彦	新聞掲載(WEB含む)	
4	2018/3 掲載	東京工業大学ホームページ 「研究ストーリー」 東工大の代表的なプロジェクト紹介	東京工業大学	笠井和彦	雑誌掲載(WEB含む)	
5	2017/12/22	日経ホームビルダー(2018年1月号)p51-61 特集「2018年の住宅界を読む」	東京工業大学	笠井和彦	雑誌掲載(WEB含む)	
6	2018/4/16	鋼構造ジャーナル 全国鉄鋼工業協会は吉敷准教授他2名で構成される審査専門員会が承認した550N鋼適応鉄骨工事の円滑化を目指す	東京工業大学	吉敷祥一	雑誌掲載(WEB含む)	
7	2018/7/23	鋼構造ジャーナル 全国鉄鋼工業協会は吉敷准教授他2名で構成される審査専門員会にて、申請のあった3工場がガイドラインに適合していることを確認。	東京工業大学	吉敷祥一	雑誌掲載(WEB含む)	
8	2018/10/22	鋼構造ジャーナル 2018年10月12日開催の新潟県鉄骨工業主催の第2回講習会において「鉄骨造建築物の被災後調査法について」という演題で講演	東京工業大学	吉敷祥一	雑誌掲載(WEB含む)	
9	2019/3/8	日刊工業新聞 三井住友建設と東工大吉敷准教授とは共同で、鋼製のトラスト梁に座屈拘束部材を組み込んだ「損傷制御型トラスト梁」の開発に着手	東京工業大学、三井住友建設	吉敷祥一	新聞掲載(WEB含む)	
10	2019/2/27	日刊建設工業新聞 三井住友建設と東工大吉敷准教授とは共同で、鋼製のトラスト梁に座屈拘束部材を組み込んだ「損傷制御型トラスト梁」の開発に着手	東京工業大学、三井住友建設	吉敷祥一	新聞掲載(WEB含む)	
11	2019/2/27	建設通信新聞 三井住友建設と東工大吉敷准教授とは共同で、鋼製のトラスト梁に座屈拘束部材を組み込んだ「損傷制御型トラスト梁」の開発に着手	東京工業大学、三井住友建設	吉敷祥一	新聞掲載(WEB含む)	

12	2019/2/26	日経新聞 三井住友建設と東工大吉敷准教授とは共同で、鋼製のトラス梁に座屈拘束部材を組み込んだ「損傷制御型トラス梁」の開発に着手	東京工業大学、三井住友建設	吉敷祥一	新聞掲載(WEB含む)	
13	2019/1/1	鉄骨にいがた 第37号 2018年10月12日開催の新潟県鉄骨工業主催の第2回講習会において「鉄骨造建築物の被災後調査法について」という演題で講演	東京工業大学	吉敷祥一	雑誌掲載(WEB含む)	
14	2018/7/3	鉄鋼新聞 新日鉄エンジニアリングが球面すべり支承の実大動的試験をUC.San Diegoで実施	東京工業大学、新日鉄エンジニアリング	山田 哲	新聞掲載(WEB含む)	
15	2019/1/17	建通新聞 日本学会議土木工学・建設学委員会は1月15日に公開シンポジウムを開催。東工大笠井特任教授が、「免震・制振部材の実大実験をめぐる国内外の状況」と題した講演を行った。	東京工業大学	笠井和彦	新聞掲載(WEB含む)	
16	2018/8/31	建設通信新聞(Web版) 実大実験に大型動的加力装置実現を！ イノベーション・ジャパン2018でアピール 米国で実大動的実験実施 https://www.kensetsunews.com/web-kan/231691	東京工業大学	笠井和彦	新聞掲載(WEB含む)	
17	2018/7月	鉄骨置屋根構造体育館の耐震診断法と避難所としての適応性—2016年熊本地震—7, 被害体育館に関する耐震診断検証例—2, 建築技術、No.822, pp.148-153	東京工業大学	竹内 徹	雑誌掲載(WEB含む)	
18	2019/1月	超高層の構造計画とわが国の可能性、Structure, 日本建築構造技術者協会(JSCA), No. 149, pp. 60-63	東京工業大学	竹内 徹	雑誌掲載(WEB含む)	
19	2019/2/18	メディア:ディスカバリーチャンネル 番組名: Tomorrow by Japan 出演時間 下記videoの17:25から1分半程度 https://www.facebook.com/DiscoverySEAsia/videos/431387650943668/?t=4	東京工業大学、白山工業	永岑光恵	テレビ放映	
20	2021/9/6	鋼構造ジャーナル 打込鋲システムを実用化	東京工業大学	吉敷祥一	雑誌掲載(WEB含む)	

(終了報告) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:東京工業大学】

領域を大規模都市建設における日常から災害時まで安心して社会活動が継続できる技術の創出

⑧ 外部資金の獲得

No	配分機関	事業・制度名称	実施期間	新規/ 継続	実施期間内 配分総額[千円]	配分総額 [千円]	採択機関	資金の使途	備考 (関連する研究開発課題番号等)
1	国土交通省	国土交通省 令和元年度建築基準整備促進事業	R1.4-R2.3	新規	13,000	13,000	東京工業大学	研究開発費として	研究開発課題3
2	鋼構造協会	鋼構造協会研究補助	H30年度	新規	500	500	東京工業大学	研究開発費として	研究開発課題1
3	大成建設株式会社	大成学術財団研究助成金	R2年度	新規	2,000	2,000	東京工業大学	研究開発費として	研究開発課題5
4	日本鉄鋼連盟	日本鉄鋼連盟鋼構造研究・教育助成金	R2年度	新規	6,000	6,000	東京工業大学	研究開発費として	研究開発課題1
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									

(終了報告) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:東京工業大学】

領域Ⅰ大規模都市建設における日常から災害時まで安心して社会活動が継続できる技術の創出

⑨ 論文

No	書誌情報 (書式：著者名、タイトル、掲載誌名(書籍名)、巻、号、ページ、発行年)	発表機関 (参画機関のみ)	形式(査読の有無)	掲載状況	備考 (関連する研究開発課題番号等)
1	石田雄太郎, 坂田弘安, 高瀬裕也, 毎田悠承, 佐藤匠: 複合応力下における接着系あと施工アンカーの3次元 FEM解析, 日本建築学会構造系論文集, Vol.83, No.751, pp.1307-1317, (2018.9)	東京工業大学, 飛島建設(株)	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
2	野田 康平 韓 起運 李 熙永 水野 洋輔 中村 健太郎: 外部変調方式に基づく光相関領域分布型センサの提案、電子情報通信学会(2018)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題4
3	Heeyoung LEE, Yosuke MIZUNO and Kentaro NAKAMURA: Long-range distributed sensing based on slope-assisted BOCDR 電子情報通信学会(2018)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題4
4	Kazuto Matsukawa, Masaki Maeda, "Methodology to evaluate the collapse limit state of R/C frames based on the seismic response spectrum", Japan Architectural review, (2018. 6.)	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
5	Susumu Kono , Ryo Kuwabara , Fuhito Kitamura , Eko Yuniarsyah Hidekazu Watanabe , Tomohisa Mukai , and David Mukai : Research on Resilient Reinforced Concrete Building Structure System, Proceedings of the Houston International Forum: Concrete Structures in Earthquake(2018.6)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
6	Obara T., Watanabe H., Kuwabara T., Kono S, Quantification of Damage of Rocking Concrete Walls with Energy Dissipating Elements, Proceedings of the Sixteenth European Conference on Earthquake Engineering (2018)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
7	Toru Takeuchi, Akira Wada, Review of Buckling-Restrained Brace Design and Application to Tall Buildings, International Journal of High-Rise Buildings, Vol.7, No.3, p1-9 (2018.9)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題5
8	Xingchen Chen , Toru Takeuchi, Ryota Matsui, Seismic Performance and Evaluation of Controlled Spine Frames Applied in High-rise Buildings, EARTHQUAKE SPECTRA(2018)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
9	稲葉祐介, 寺澤友貴, 松井良太, 熊谷知彦, 竹内 徹: 種々の鉄骨屋根支承部の繰返し載荷実験および屋根応答への影響、日本建築学会構造系論文集 第83巻 第750号, 1129-1137 (2018)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題2
10	Yuki Terazawa, Toru Takeu. Generalized Response Spectrum Analysis for Structures with Damp. EARTHQUAKE SPECTRA(2018)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題2
11	熊谷知彦, 六本木 元太, 高橋 寿太郎, 松井良太, 竹内 徹 : 地震動を受ける球面すべり支承に支持された屋根型円筒ラチスアーチの振動台実験 日本建築学会構造系論文集 第83巻 第752号, 1465-1475 (2018)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
12	阿部叶子, 鈴木敦詞, 木村祥裕, 笠井和彦 : 変動軸力と座屈モードを考慮したH形鋼梁の保有性能評価 日本鋼構造協会 鋼構造年次論文報告集, 第26巻, pp.57-60 (2018)	東北大学、東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
13	安藤素子, 古川幸, 木村祥裕 : 修正D値法による層中間ピン柱脚骨組みの地震応答性状の考察 日本鋼構造協会 鋼構造年次論文報告集, 第26巻, pp.242-246 (2018)	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題2
14	古川幸, 木村祥裕: 十字型鋼板を溶接したアンカーボルト接合部の側方破壊性状 日本鋼構造協会 鋼構造年次論文報告集, 第26巻, pp.660-665(2018)	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題4
15	小原 拓、渡邊秀和、桑原 健、河野 進: アンボンド PCaPC 造壁部材における機能維持性能に着目した損傷評価 : 日本建築学会構造系論文集 第83巻 第748号, 879-889, 2018年	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
16	Masaki MAEDA, Md. Shafiul ISLAM, Hamood ALWASHALI, Md Rafiqul ISLAM, Matsutaro SEKI, Kiwoong JIN, "A SEISMIC CAPACITY EVALUATION AND PRIORITY SETTING FOR RC BUILDING WITH MASONRY INFILL", 16th World Conference on Earthquake Engineering (2018. 6)	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
17	Kishiki S., Lee D-S., Yamada S., Ishida T., and Jiao Y. Low-cycle fatigue performance assessment of current Japanese steel beam-to-column connections determined by ductile fracture, Engineering Structure, Elsevier, vol. 182, pp241-250 (2019)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1

18	Tenderan, R., Ishida T., Jiao Y. and Yamada S., Seismic performance of ductile steel moment-resisting frames subjected to multiple strong ground motions, Earthquake Spectra, vol.35,1, 289-310 (2019)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
19	Cui Y., Wang F. and Yamada S., Effect of colum base behavior on seismic performance of multi-story steel moment resisting frames, International Journal of Structural Stability and Dinamics, vol.19,1,(2019)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
20	Yamada S., Ishida T. and Jiao Y., Hysteretic behavior of RHS columns under randam cyclic loading considering local buckling, International Journal of Steel Structure, vol. 18 5, 1761-1771 (2018)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
21	Lee D-S., Kishiki S., Yamad S., Ishida T. and Jiao Y., Experimental study of the low-cycle fatigue behavior of a welded flange-bolted web connection in steel moment-resisting frames, Earthquake Spectra, Earthquake Engineering Research Institute, vol. 31,4, 1829-11846 (2018)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題4
22	Cui y., Gao X., Liu H. and Yamada S., Experimental study on seismic behavior of root joint, International Journal of Steel Structures, vol.18,4, 1373-1383 (2018)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題5
23	P.C.Lin, T.Takeuchi, R.Matsui, Seismic performance evaluation of single damped-outrigger system incorporating buckling-restrained braces, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, DOI.org/10.1002/eqe.3072	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
24	宮本皓, 佐藤大樹, 余錦華 建築構造物のアクティブ制御に適した等価入力外乱手法の提案 日本建築学会構造系論文集 84 (757), 361-371(2019)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
25	馬橋聖生, 佐藤大樹 3次元解析フレームモデルを用いた超高層免震建物の時刻歴風応答解析 構造工学論文集 65 (B), 1-8(2019)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
26	稲葉祐介, 寺澤友貴, 松井良太, 熊谷知彦, 竹内徹: 各種支承を有するRC 支持架構付き円筒ララスシェルの応答評価, 日本建築学会構造系論文集, Vol.83, No. 751, 2018.9	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
27	Masaki MAEDA, Sayaka IGARASHI, "EVALUATION OF SEISMIC REPARABILITY LIMIT STATE OF R/C FRAME STRUCTURE", 16th World Conference on Earthquake Engineering, (2018. 6)	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
28	寺澤友貴, 竹内徹: 一般化応答スペクトル解析法に基づく制振ブレース構造の最適設計手法, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 83, No. 753, 2018.11	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
29	寺澤友貴, 稲永匠悟, 松井良太, 竹内徹: 鉄骨置屋根体育館における立体トラス屋根の地震被害分析, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 83, No. 754, 2018.12	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
30	Terazawa Y. and Takeuchi T.: Elasto-Plastic Damper Optimization Routine for Lattice Towers Based on Generalized Response Spectrum Analysis, Journal of the IASS, 2018.12	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
31	Shoichi Kishiki, Dong-Seok Lee, Satoshi Yamada, Takanori Ishida, Yu Jiao. Low-cycle fatigue performance assessment of current Japanese steel beam-to-column connections determined by ductile fracture, Engineering Structures, Elsevier, Vol. 182, Page 241-250, Mar. 2019.	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
32	Randy Tenderan, Takanori Ishida, Yu Jiao, Satoshi Yamada. Seismic Performance of Ductile Steel Moment-Resisting Frames Subjected to Multiple Strong Ground Motions, Earthquake Spectra, Vol. 35, 1, pp. 289-310, Feb. 2019.	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題5
33	Yao Cui, Fengzhi Wang, Satoshi Yamada. Effect of Column Base Behavior on Seismic Performance of Multi-Story Steel Moment Resisting Frames, International Journal of Structural Stability and Dynamics, Vol. 19, 1, Jan. 2019.	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
34	大佛俊泰, 木村 将, 沖 拓弥. 災害時における救援救護活動のための効率的な地域内巡回について, 日本建築学会計画系論文集 計画系, Vol. 84, No. 757, pp. 743-750, Mar. 2019.	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題5
35	Yoshiaki Hisada, Toshihiro Osaragi, Masahiro Murakami, Osamu Mizuno, Wataru Kobayashi, Susumu Yasuda, Miho Ohara, Tomohisa Yamashita, Kazuyuki Takada, Takashi Suematsu, Jun Shindo, Takuya Oki, Akira Kakizaki. Disaster Response and Mitigation Support Technology for All-Hazards in Tokyo Metropolitan Area, Journal of Disaster Research, Fuji Technology Press Ltd., Vol. 14, No. 2, pp. 387-404, Mar. 2019.	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1

36	Toshihiro Osaragi. Classification and Space Cluster for Visualizing GeoInformation, International Journal of Data Warehousing and Mining, Volume 15, pp. 19-38, Jan. 2019	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
37	P.C.Lin, T.Takeuchi and R.Matsui: "Optimal design of multiple damped-outrigger system incorporating buckling-restrained braces": Engineering Structures, No.194, pp.441-457(2019)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
38	P.C.Lin and T.Takeuchi: "Seismic performance of buckling-restrained brace outrigger system", Japan Architectural Review, (2019.8)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
39	松崎亮太, 松井良太, 吉川徹, 蓑和健太郎, 竹内徹: 種々の摩擦材を用いた摩擦ダンパーの力学特性および制振効果、日本建築学会構造系論文集, Vol.84, No.763(2019)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
40	中島舜, 寺澤友貴, 竹内徹, 小河利行, 山崎義弘, 坂田弘安: 接合部回転剛性を考慮した木鋼ハイブリッドラチスシェルの弾性座屈荷重.日本建築学会構造系論文集, Vol.84, No.762(2019)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
41	松井良太, 有賀惇, 森下邦宏, 加藤基規:H形断面鋼柱に一次元数値解析モデルを用いた平面架構の崩壊解析,日本建築学会構造系論文集, Vol. 84, No. 761(2019)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1

42	松井良太, 橋本舟海, 竹内 徹:高軸力下において局部座屈を伴う箱形断面柱の一次元数値解析モデル,日本建築学会構造系論文集, Vol. 84, No. 760(2019)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
43	中島 舜, 山崎義弘, 坂田弘安, 竹内 徹, 原田公明, 林賢一:木鋼ハイブリッドラチスシェル接合部の面外負方向および面内方向回転剛性,日本建築学会構造系論文集, Vol. 84, No. 760(2019)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
44	松井良太, 友枝勝登, セットラー・ベン, 竹内 徹, 三原早紀, 帆足勇磨:種々のガセットプレートおよび直交小梁を有する座屈拘束ブレースの機構安定性,日本建築学会構造系論文集, Vol. 84, No. 758(2019)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
45	原田公明, 入口直樹, 寺澤友貴, 松井良太, 山崎義弘, 坂田弘安, 竹内徹:木鋼格子ラチスシェルの地震応答における接合部回転剛性の影響,日本建築学会構造系論文集, Vol. 84, No. 755(2019)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
46	M.S. Islam, H. Alwashali, D. Sen & M. Maeda, M.A.M. Sikder & M.R. Islam, "Proposal of visual rating method for seismic capacity evaluation and screening of RC buildings with masonry infill", 2019 Pacific Conference on Earthquake Engineering, 2019.4	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
47	D. Sen, Y. Torihata, H. Alwashali, S. Islam, Z. Tafheem & M. Maeda, "Investigation of the Ferro-cement laminated infilled masonry wall under cyclic lateral load" 2019 Pacific Conference on Earthquake Engineering, 2019.4	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
48	H. Alwashali, M.S.Islam, D. Sen & M. Maeda, J. Monical, M.A.M. Sikder, M.R. Islam, "Study of Seismic Capacity of Existing RC Buildings with Masonry Infill Damaged by Past Earthquakes", 2019 Pacific Conference on Earthquake Engineering, 2019.4	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
49	M. Maeda, K. Matsukawa, "An Overview of Post-Earthquake Damage and Residual Capacity Evaluation for Reinforced Concrete Buildings in Japan", 2019 Pacific Conference on Earthquake Engineering, 2019.4	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
50	Hamood Alwashali, Debasish Sen, Kiwoong Jin, Maeda Masaki, "Experimental investigation of influences of several parameters on seismic capacity of masonry infilled reinforced concrete frame", Engineering Structures Vol 189, pp.11-24, 2019. 6	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
51	岡田徹也, 高橋広人, 市之瀬敏勝, 前田匡樹, Hamood Alwashali, "高強度コンクリートによる壁補強を行ったRC架構の実験的研究 (その1)試験体及び載荷方法", 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.29-30, 2019年9月.	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
52	高橋広人, 岡田徹也, 市之瀬敏勝, 前田匡樹, Hamood Alwashali, "高強度コンクリートによる壁補強を行ったRC架構の実験的研究 (その2)実験結果", 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.31-32, 2019年9月.	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
53	小池拓矢, 西田智康, 鈴木裕介, 前田匡樹, 藤原薫, 清原俊彦, "RC 造ト形柱梁接合部の構造性能に接合部補強筋及び変動軸力が及ぼす影響 その5 圧縮軸力比の小さな領域に対する実験概要及び結果", 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.97-98, 2019年9月.	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
54	西田智康, 小池拓矢, 鈴木裕介, 前田匡樹, 藤原薫, 迫田文志, "RC 造ト形柱梁接合部の構造性能に接合部補強筋及び変動軸力が及ぼす影響 その6 破壊性状, 構造性能及び評価指標の検討", 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.99-100, 2019年9月	東北大学 ニューテック研究会	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
55	藤田起章, 田畑佑, 三浦耕太, Hamood Alwashali, 前田匡樹, "連層耐震壁を有するRC 造建物の残存耐震性能評価法に関する研究 その2 部材の変形性能を考慮した残存耐震性能評価法の提案とRC 造4 層建物縮小試験体への適用", 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.651-652, 2019年9月.	東北大学、大林組	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1

56	田畑佑, 藤田起章, 三浦耕太, Hamood Alwashali, 前田匡樹, “連層耐震壁を有するRC 建造物の残存耐震性能評価法に関する研究 その3 加速度センサ記録を用いたRC 建造物のヘルスマonitoringに関する検討”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.653-654, 2019年9月.	東北大学、大林組	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
57	Hamood Alwashali, Debasish Sen, Zasiah Tafheem, Md. Shafiul Islam, Matsutaro Seki, Masaki Maeda, “Experimental investigation of Ferro-cement laminated masonry infilled in RC frame Part 1: Experimental program”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.915-916, 2019年9月.	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
58	Kanako Abe, Atsushi Suzuki, Yoshihiro Kimura: Cyclic Behavior of Stud-to-Slab System Subjected to Slip Displacement and Out-of-plane Rotation, 12th Pacific Structural Steel Conference (PSSC), Tokyo, Japan, 2019.11	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
59	Yui Sato, Yoshihiro Kimura:Elastic Buckling Load of Continuous Braced H-Shaped Beams with Fork Restraint, 2019 International Conference on Sustainable Civil Engineering and Architecture (ICSCEA), Ho Chi Minh, Vietnam,2019.10	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
60	木村祥裕, 宮夢積:勾配曲げモーメントを受ける連続補剛H形鋼梁の弾塑性横座屈挙動に及ぼす柱梁接合部の拘束効果, 日本建築学会構造系論文集, 第84巻766号, pp.1601-1611, 2019.12	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
61	村田裕磨, 古川幸, 木村祥裕:縮小模型実験による層中間ピン柱脚骨組の弾塑性挙動の把握及び仮想仕事法による崩壊機構の推定, 鋼構造論文集, 第26巻102号, pp.1-15, 2019-06	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
62	Moeko Maotba, Yoshihiro Kimura: Ultimate Strength of Steel Pile in Liquefied Soil Subjected to Multiple Earthquakes, 2019 International Ocean and Polar Engineering Conference (ISOPE), Honolulu, pp. 2077-2083, 2019.6	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
63	Daiki Sato,Yinli Chen,Kou Miyamoto,Jinhua She:A spectrum for estimating the maximum control force for passive-base-isolated buildings with LQR control,Engineering Structures vol199, 2019.11	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
64	平島裕大,佐藤大樹,呉嘉瑞,普後良之:田村哲郎:観測記録に基づく超高層免震建物の時刻歴応答解析モデルの構築 その3 風応答観測記録に基づく建物特性の同定,日本建築学会大会学術講演梗概集 253-254, 2019.9	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
65	渡井一樹,笠井和彦,佐藤大樹,前田周作,鈴木庸介,岡日出夫:建築物のさらなる超高層化に向けた曲げせん断モデル化手法の提案 その3 提案手法によるモデル化の手順,959-960, 2019.9	東京工業大学 竹中工務店	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
66	前澤将男,桑田凉平,石田孝徳,古敷祥一,薩川恵一,山田哲:山形鋼筋連接合部に対して方杖を付加する耐震補強構法の性能確認,日本建築学会構造系論文集 vol 84, No.766 2019.12	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
67	Miku Kurosawa,Shoichi Kishiki,Nobuhiko Tatsumi:Strength evaluation of bolted connections with slotted holes in non-structural components,Proceedings of the 14th Nordic Steel Construction Conference, 2019.9	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
68	Naresh Subedi,Wijeyewickrema, A. C.,Susumu Kono:Review of Recent Advances in Seismic Analysis of Reinforced Concrete Buildings Considering Soil-Pile-Structure Interaction,Seventh ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering (COMPDYN 2019)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
69	西村康志郎,大和由佳,柏尚稔,千野舜介,河野進,杉山太宏:2016年熊本地震による東海大学阿蘇キャンパス1号館の被害調査, その3 桁行方向の柱の傾斜,日本建築学会大会学術講演梗概集 589-590, 2019.9	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
70	清家剛,山田哲,古敷祥一,石田孝徳,伊山潤,巽信彦:鉄骨骨組に取り付けられた乾式間仕切り壁の繰返し載荷実験 その1 実験の概要,日本建築学会大会学術講演梗概集 1431-1432, 2019.9	東京工業大学、東京大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題3
71	Thusoo S.,Obara T.,Kono S.,Miyahara K.”Design models for steel encased high-strength precast concrete piles under axial-flexural loads”,Engineering Structures,Elsevier, vol.228 No.111465 (2021)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
72	Taku Obara,Susumu Kono,Mukai David,”Damage Evaluation and Limit States of Rocking Concrete Walls with Energy Dissipaters”,Journal of Earthquake Engineering, No.1835748 (2020)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1

73	Marina L. Moretti,Susumu Kono,Taku Obara,“On the Shear Strength of Reinforced Concrete Walls”,Journal of American Concrete Institute,vol.117, No.4,pp.293-304(2020)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
74	Thusoo S.,Kono S.,Hamada J.,Asai Y.,“Performance of Precast Hollow Steel-Encased High-Strength Concrete Piles”,Engineering Structures, vol.204, No.109995 (2020)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
75	Ben Sittler,Toru Takeuchi,“Higher-mode buckling and friction in long and large-scale buckling-restrained braces”,The Structural Design of Tall and Special Buildings, vol.30, No.1 (2020)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
76	Yuko Shimada,Satoshi Yamada,Shoichi Kishiki,Takashi Hasegawa,Toru Takeuchi,“Method of reinforcement for joints between steel roofs and RC columns in existing buildings”, Engineering Structures, vol.209, No.110255(2020)	東京工業大学、東京大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
77	Ben Sittler,Toru Takeuchi,Ryota Matsui,Masao Terashima,Yuki Terazawa,“Experimental investigation of a multistage buckling-restrained brace”,Engineering Structures, vol.213, no.110482(2020)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
78	Deepshikha Nair,Yu-Ki Terazawa,Ben Sittler,Toru Takeuchi,“Seismic response of long-span domes supported by multi-storey substructures” Journal of IASS, vol.61, no.2,pp140-157(2020)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
79	Li Jiaxi,Shoichi KISHIKI,Satoshi Yamada,Shinsuke Yamazaki,Atsushi Watanabe,Masao Terashima,“Energy-based Prediction of the Displacement of DCFP Bearings”,Applied Science,vol.10 no.5259(2020)	東京工業大学 日鉄エンジニアリング(株)	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
80	Zhe Qu,Xiang Fu,Shoichi Kishiki,Yao Cui,“Behavior of masonry infilled Chuandou timber frames subjected to in-plane cyclic loading”,Engineering Structures, vol.211, no.110449 (2020)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
81	Satoshi Yamada,Yu Jiao,Dong-Seok Lee,Takanori Ishida,Shoichi KISHIKI,“A Concise Hysteretic Model of 590 N/mm ² Grade High Performance Steel Considering the Bauschinger Effect”,International Journal of Steel Structures,pp1979-1988(2020)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
82	Heeyoung Lee, Kohei Noda, Kentaro Nakamura, Yosuke Mizuno,“Fiber-optic distributed measurement of polarization beat length using slope-assisted Brillouin optical correlation-domain reflectometry”, Optical Review, vol. 27, no. 6, pp. 542-547 (2020)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題4
83	Neisei Hayashi, Yosuke Mizuno, Kentaro Nakamura, Chao Zhang, Lei Jin, Sze Yun Set, Shinji Yamashita. Pilot demonstration of correlation-domain distributed temperature sensing using forward Brillouin scattering, Japanese Journal of Applied Physics, vol. 59, no. 8, 088002(2020)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題4
84	Kentaro Nakamura. Evaluation methods for materials for power ultrasonic applications, Japanese Journal of Applied Physics, vol. 59, no. SK, SK0801(2020)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題4
85	仲田章太郎,吉敷祥一,“ターンバックルブレースの締め直しによる被災後補修の要否と余震に対する変形抑制効果に関する解析的検討”,構造工学論文集,Vol. 67B(2021)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
86	巽 信彦,吉敷祥一,長谷川隆,山田 哲”床スラブが梁端ピンディテール接合部およびブレース架構の力学挙動に及ぼす影響”日本建築学会構造系論文集、Vol.86,No.780(2021)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
87	毎田悠承,吉敷祥一,曲哲,坂田弘安”ヒンジ位置保証型RC梁への筋違型ダンパーの適用”日本工業出版,Vol. 57, No.2, pp33-44(2021)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
88	仲田章太郎,吉敷祥一”鋼部材の被災後補修に関する研究(その2)ターンバックルブレースの締め直しによる被災後補修”日本建築学会構造工学論文集,Vol. 67B(2021)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
89	石原 直,元結正次郎,吉敷祥一,沖 佑典”多層建築物内の上下の床に固定された軽量の曲げ棒に作用する地震時の慣性力と強制変形について”日本建築学会構造系論文集,vol.86,No.779	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
90	吉敷祥一,アブリヤーディ・ジャスミン アニーサ,巽 信彦,渡辺英一,岡田雄吉,長谷部優,飯島孝幸”発射打込み鉋(PAF)の構造部材への接合(その1)デッキプレート接合部の耐力”日本建築学会構造系論文集,vol.86,No.779(2021)	東京工業大学 マックス株式会社	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1

91	毎田悠承,益田一毅,佐藤裕貴,坂田弘安,前川利雄,服部翼”ヒンジ位置保証型RC梁の力学挙動に主筋の付着除去が与える影響”日本建築学会技術報告集,vol.27,No.65 pp.231-236 (2021)	東京工業大学 熊谷組	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
92	毎田悠承,坂田弘安,島崎和司,和泉信之,竹中啓之,渡辺亨,佐伯英一郎,洪田敬一郎”突起付き鋳鉄製プレート圧着接合法を用いたダンパー接合部設計法の提案とダンパーを組み込んだRC フレーム実験による検証?突起付き鋳鉄製プレート圧着接合法を用いたコンクリート系構造物へのダンパー適用に関する研究 その2 ”日本建築学会構造系論文集,No.770,pp.563-573(2020)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
93	澤侑弥,佐藤大樹,戸張涼太,吉永光寿,安永隼平,金城陽介”履歴ダンパーを有する超高層建物における実効変形比とダンパー塑性率の関係”日本建築学会技術報告集,vol.27,No.65,pp.154-159(2021)	東京工業大学 JFEシビル株式会社	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
94	渡井一樹,前田周作,笠井和彦,佐藤大樹,鈴木庸介”建築物のさらなる超高層化に向けた等価質点モデル化手法(その2) 新たな曲げせん断モデルを用いた建物応答の曲げ・せん断分離手法”日本建築学会構造系論文集,vol.86,No.779 pp.21-31(2021)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題2
95	熊谷太希,小笠原純香,前田匡樹”ドリフトピンと構造用接着剤を併用した鋼板挿入型木質ラーメン接合部の力学特性評価とその応用”,日本建築学会技術報告集, vol64, pp.911-916(2020)	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究課題1
96	Alex V. SHEGAY, Tomoyasu NISHIDA, Hiroki KAGAWA, Masaki MAEDA, “COMPARISON OF BEAM-COLUMN JOINT PERFORMANCE IN A SUBASSEMBLY AND IN A FRAME”, コンクリート工学年次論文集, vol.42, No.2, pp.271-276(2020)	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
97	田畑佑, 藤田起章, 三浦耕太, 前田匡樹”加速度センサ記録に基づいた解析モデルの修正によるRC造建物の応答推定手法に関する検討”コンクリート工学年次論文集, vol.42 No.2, pp.679-684(2020)	東北大学 株式会社 大林組	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
98	Debasish SEN, Hamood ALWASHALI, Masaki MAEDA, Matsutaro SEKI, “EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON FERRO-CEMENT LAMINATED MASONRY INFILLED RC FRAME AND CAPACITY EVALUATION”コンクリート工学年次論文集, vol.43, no.2, pp.877-882(2020)	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
99	黒澤未来,吉敷祥一”金属パネルを用いた外壁の変形追随機構と耐力評価”鋼構造年次論文報告集, vol.28, pp.347-353 (2020)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
100	Thaileang Touch,Satoshi Yamada,Takanori Ishida,Yu Jiao,Shoichi Kishiki”Cyclic deformation capacity up to ultimate strength and fracture of structural steel SS400 under large strains”鋼構造年次論文報告集 vol.28 pp.949-955(2020)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
101	Yang Dong,Takanori Ishida,Shunsuke Tamada,Shoichi Kishiki,Satoshi Yamada”Experimental study on deterioration behavior of SHS columns under cyclic small amplitude loading”鋼構造年次論文報告集, vol.28, pp.874-882(2020)	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
102	田附遼太,平田延明,藤田起章,林徹,Alex Shegay,前田匡樹,吉敷祥一,桑原亮,八木尚太郎,西村康志郎”非構造部材を有する実大RC造架構の静的載荷実験, その2 タイル仕上げの損傷”日本地震工学会年次大会梗概集 (2020)	東北大、東工大、東大、長谷工コーポレーション	論文(査読無し)	掲載	研究開発課題3
103	Alex Shegay,藤田起章,参川朗,前田匡樹,若月仁,石川裕次,桑原亮,田附遼太,吉敷祥一,西村康志郎”非構造部材を有する実大RC造架構の静的載荷実験, その1 実験の概要と構造部材の挙動”日本地震工学会年次大会梗概集 (2020)	東工大、芝浦工大、長谷工コーポレーション	論文(査読無し)	掲載	研究開発課題3
104	原甲己,西村康志郎,八木尚太郎,伊山潤,宮崎祥太,福島佳浩,吉敷祥一,前田匡樹”非構造部材を有する実大RC造架構の静的載荷実験, その5 加速度センサを用いた計測結果”日本地震工学会年次大会梗概集(2020)	東北大、東工大、東大	論文(査読無し)	掲載	研究開発課題4
105	巽信彦,磯田充樹,八木尚太郎,吉敷祥一,佐藤高行,清家剛,前田匡樹,西村康志郎”非構造部材を有する実大RC造架構の静的載荷実験, その4 LGS壁と鋼製ドアの挙動”日本地震工学会年次大会梗概集(2020)	東工大、東大	論文(査読無し)	掲載	研究開発課題3
106	八木尚太郎,巽信彦,磯田充樹,吉敷祥一,本田信一,清家剛,前田匡樹,西村康志郎”非構造部材を有する実大RC造架構の静的載荷実験, その3 LGS壁と鋼製ドアの損傷”日本地震工学会年次大会梗概集(2020)	東京工業大学、東京大学	論文(査読無し)	掲載	研究開発課題3

107	吉敷祥一”鋼構造接合部設計指針”日本建築学会	東京工業大学	その他著作物(総説、書籍など)	掲載	研究開発課題1
108	中村健太郎”電気・電子・通信のための音響・振動”数理工学社	東京工業大学	その他著作物(総説、書籍など)	掲載	研究開発課題4
109	Ahmad Ghazi Aljuhmani, Hamood Alwashali, Ayaka Ogasawara, Eito Atsuzawa, Masaki Maeda and Matsutaro Seki, “Experimental investigation on the effect of openings on the in-plane shear strength and stiffness of cross-laminated timber panels”, Engineering Structures, Volume 254, 2022.3	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
110	Zasiah TAFHEEM, Hamood ALWASHALI, Matsutaro SEKI, Masaki MAEDA, “INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF OPENING PARAMETERS ON THE SEISMIC CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE WALLS”, コンクリート工学年次論文集, 第43巻第2号, pp.193-198, 2021.7.	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
111	藤田起章, Alex Shegay, 田附遼太, 前田匡樹, “非構造部材の損傷を用いたRC部材の損傷度推定手法と実大架構実験による検証”, コンクリート工学年次論文集, 第43巻第2号, pp.541-546, 2021.7	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
112	Md Shafiu ISLAM, Hamood ALWASHALI, Masaki MAEDA, Matsutaro SEKI, “SEISMIC DAMAGE PROBABILITY OF EXISTING RC BUILDINGS BASED ON PAST EARTHQUAKE DAMAGE DATABASE”, コンクリート工学年次論文集, 第43巻第2号, pp.661-666, 2021年7月	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
113	Alex Shegay, 参川朗, 三浦耕太, 前田匡樹, “補修したRC造4層縮小試験体の振動台実験による構造性能評価”, コンクリート工学年次論文集, 第43巻第2号, pp.823-828, 2021.7	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
114	参川朗, Alex Shegay, 三浦耕太, 前田匡樹, “縮小4層RC造架構の振動台実験による補修効果の評価”, コンクリート工学年次論文集, 第43巻第2号, pp.829-834, 2021.7.	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
115	Atsushi Suzuki, Tomomi Fujita, Yoshihiro Kimura. “Identifying damage mechanisms of gymnasium structure damaged by the 2011 Tohoku earthquake based on biaxial excitation”, Structures, 35, 1321-1338, 2022.1	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
116	廖望, 吉野裕貴, 木村祥裕: H形鋼梁-屋根折板接合部が連続補剛材の回転補剛性に及ぼす影響の実験的検証, 鋼構造論文集, 第28巻112号, pp.101-110, 2021.12	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
117	Atsushi Suzuki and Yoshihiro Kimura. “Mechanical performance of stud connection in steel-concrete composite beam under reversed stress”, Engineering Structures, 249, 113338, 2021.12	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
118	Atsushi Suzuki, Kaho Suzuki, Yoshihiro Kimura. “Ultimate shear strength of perfbond shear connectors subjected to fully reversed cyclic loading”, Engineering Structures, 248, 113240, 2021.12	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
119	古川幸, 高橋邦広, 渡辺亨, 染谷俊章, 金田勝徳, 木村祥裕, 和田章: 定着鉄筋を溶接したアンカーボルトセットを用いた層中間ピン柱脚接合部の水平力作用時の応力伝達機構と終局せん断耐力評価, 日本建築学会構造系論文集, 第86巻, 第786号, pp. 1247-1258, 2021.8	東北大学、(株)建研	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
120	毎田悠承, 益田一毅, 坂田弘安, 前川利雄, 服部翼: “逆対称曲げを受けるヒンジ位置保証型RC梁の力学挙動に主筋の付着除去とそのスパン中央部定着が与える影響” 日本地震工学会論文集, 第21巻, No.5, 58-78, 2021.11	東京工業大学、熊谷組	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
121	毎田悠承, 佐藤裕貴, 益田一毅, 坂田弘安, 前川利雄, 服部翼 “主筋の付着除去を施したヒンジ位置保証型RC梁の有限要素解析” 日本建築学会技術報告集, 第27巻, No.67, 1267-1272, 2021.10	東京工業大学、熊谷組	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
122	Tomoki Asai, Yuki Terazawa, Takashi Miyazaki, Pao-Chun Lin, Toru Takeuchi, “First Mode Damping Ratio Oriented Optimal Design Procedure for Damped Outrigger Systems with Additional Linear Viscous Dampers” Engineering Structures, Elsevier, Volume 247, 2021.11	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1

123	藤田起章, 三浦耕太, 田畑佑, 前田匡樹, Alex Shegay, 関松太郎, “連層耐震壁を有するRC 造ラーメン架構の残存耐震性能評価法と縮小試験体の振動台実験による検証, 日本建築学会構造系論文集, 第86巻, 第785号, pp.1084-1094, 2021.7	東北大学 大林組	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
124	Daiki Sato,Dave Montellano Osabel,Kazuhiko Kasai,“Evaluation method for practical application of viscoelastic damper using equivalent sinusoidal waveforms of long-duration random excitations in along-and across-wind directions” Engineering Structures, vol.254, 113735, 2022.3.	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1,2
125	Panumas Saingam,Fatih Sutcu,Yu-ki Terazawa,Oguz C. Celik,Toru Takeuchi, “Seismic Retrofit of RC Buildings with Viscous Dampers and Elastic Steel Frames including Effect of Composite Behavior.” Journal of Structural Engineering, Vol. 67B, 2021.4	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
126	Ryota Matsui,Koichi Koizumi,Pao-Chun Lin,Masanobu Iwanaga,An-Chien Wu,Toru Takeuchi,Keh-Chuyan.Tsai,“Strength and Plastic Rotation Capacity of I-Shaped Beams with Grid-Purlin System Subjected to Cyclic Loading” Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 147, issue 7 2021 7.	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
127	Panumas Saingam,Ryota Matsuzaki,Koki Nishikawa,Ben Sittler,Yu-Ki Terazawa,Toru Takeuch, “Experimental dynamic characterization of friction brace dampers and application to the seismic retrofit of RC buildings” Engineering Structures, Vol. 242 2021 Sep.	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
128	Deepshikha Nair,Keita Ichihashi,Yu-ki Terazawa,Ben Sittler,Toru Takeuchi, “Higher mode effects of multistorey substructures on the seismic response of double-layered steel gridshell domes” Engineering Structures,Vol. 243, 2021 9.	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
129	Yanbing Hu, Masaki Maeda, Yusuke Suzuki and Kiwoong Jin, Seismic performance of exterior R/C beam-column joint under varying axial force”, Structural Engineering and Mechanics, Vol. 78, No. 5, pp623-635, 2021 6.	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
130	Hamood Alwashali,Masaki Maeda,Yoshihiro Ogata, Naoyuki Aizawa, Kazuya Tsurugai, “Residual seismic performance of damaged reinforced concrete walls”. Engineering Structures. Vol.243, 2021 9.	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
131	Shoichi Kishiki, Haowen Zheng, Takanori Ishida, Nobuhiko Tatsumi, Atsushi Watanabe, “Inspection of U-shaped steel dampers based on residual plastic deformation”, Engineering Structures, Volume245, 2021.10	東京工業大学 日鉄エンジニアリング株式会社	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
132	Shoichi Kishiki, Xiaoyu Yang, Takanori Ishida, Nobuhiko Tatsumi, Satoshi Yamada, “Experimental study of concrete breakout failure mechanism in an exposed column base with a foundation”, Engineering Structures, Volume243, 2021.9	東京工業大学 東京大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
133	Takanori Ishida, Randy Tenderan, Keita Kohtaki, Shoichi Kishiki, Jun Iyama, Takashi Hasegawa, Tsuyoshi Seike, Satoshi Yamada, “Experimental study on full-scale steel moment-resisting frames with nonstructural walls subjected to multiple earthquakes”, Engineering Structures, Volume242, 2021.9	東京工業大学 東京大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
134	Satoshi Yamada, Thaileang Touch, Yu Jiao, Takanori Ishida, Shoichi Kishik, “Deformation Capacity of 400 N/mm ² Class Structural Steel under Extremely Large Strains”, Journal of Constructional Steel Research, Volume182, 2021.7	東京大学 東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
135	Kimura Yoshihiro, Fujak Szymon Maciej, Suzuki Atsushi. “Elastic Local Buckling Strength of I-Beam Cantilevers Subjected to Bending Moment and Shear Force Based on Flange-Web Interaction”, Thin-Walled Structures, Elsevier Ltd., vol. 162, 107633, 2021.05	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
136	八木尚太郎,伊山 潤,福島佳浩,吉敷祥一,石田孝徳,清家剛,山田 哲,“鉄骨骨組に取り付けられた乾式間仕切り壁の大変形時における損傷と加速度計による傾斜計測を用いたその検出の可能性”日本建築学会構造系論文集,No. 788,pp. 1400-1411,2021. 10	東京工業大学 東京大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題3

137	斉藤 瞭,Kimiaki Harada,寺澤 友貴,山崎 義弘,林 賢一,坂田 弘安,竹内 徹,“両側フランジをラグスクリューで固定したドッグボーン付き木鋼ハイブリッド柱梁接合部の変形性能” 日本建築学会構造系論文集, Vol. 86, No.786, 2021. 8	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
138	寺澤 友貴,岸澤 竜之介,竹内 徹,熊谷 知彦,Miao Cao,“回転拘束度と接合部回転剛性を考慮したシステムトラス部材の全体座屈耐力評価” 日本建築学会構造系論文集, Vol. 86, No.786, 2021. 8	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
139	寺澤友貴,西川幸希,竹内徹,藤原淳,岸田明子,小西克尚,山下哲郎,西村康志郎,“滑り支承で鉄骨造屋根に接続されるRC片持架構の構面外応答制御設計法” 日本建築学会構造系論文集, Vol. 86, No.784, 2021. 6	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
140	毎田悠承,中野佑太,佐藤匠,坂田弘安,“既存RC造架構とダンパー付きRC造外付け耐震補強部材との接合部に用いたあと施工アンカーのせん断抵抗に関する解析研究” コンクリート工学年次論文集, Vol. 43, No. 2, pp. 499-504, 2021. 7	東京工業大学 飛鳥建設	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
141	毎田悠承,佐藤裕貴,坂田弘安,前川利雄,服部翼,“座屈拘束ブレース付きヒンジ位置保証型RC骨組の力学挙動に梁主筋の付着除去が与える影響” 日本建築学会構造系論文集, Vol. 86, No. 783, pp. 815-826, 2021.5	東京工業大学 熊谷組	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
142	藤田起章, 三浦耕太, 田畑佑, 前田匡樹, Alex Shegay, 関松太郎, “連層耐震壁を有するRC 造ラーメン架構の残存耐震性能評価法と縮小試験体の振動台実験による検証, 日本建築学会構造系論文集, Vol.86, No.785, pp.1084-1094, 2021. 7	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
143	Zasiah TAFHEEM, Hamood ALWASHALI, Matsutaro SEKI, Masaki MAEDA, “INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF OPENING PARAMETERS ON THE SEISMIC CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE WALLS”, コンクリート工学年次論文集, Vo.43, No.2, pp.193-198, 2021. 7.	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
144	藤田起章, Alex Shegay, 田附遼太, 前田匡樹, “非構造部材の損傷を用いたRC部材の損傷度推定手法と実大架構実験による検証”, コンクリート工学年次論文集, Vo. 43, No. 2, pp.541-546, 2021.7	東北大学 長谷工エコーレーション(株)	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
145	Md Shafiul ISLAM, Hamood ALWASHALI, Masaki MAEDA, Matsutaro SEKI, “SEISMIC DAMAGE PROBABILITY OF EXISTING RC BUILDINGS BASED ON PAST EARTHQUAKE DAMAGE DATABASE”, コンクリート工学年次論文集, Vol. 43, No. 2, pp.661-666, 2021. 7.	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
146	Alex Shegay, 参川朗, 三浦耕太, 前田匡樹, “補修したRC造4層縮小試験体の振動台実験による構造性能評価”, コンクリート工学年次論文集, Vol. 43, No. 2, pp.823-828, 2021. 7	東北大学 大林組(株)	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
147	参川朗, Alex Shegay, 三浦耕太, 前田匡樹, “縮小4層RC造架構の振動台実験による補修効果の評価”, コンクリート工学年次論文集, Vo. 43 No. 2, pp.829-834, 2021. 7	東北大学 大林組(株)	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
148	古川幸, 高橋邦広, 渡辺亨, 染谷俊章, 金田勝徳, 木村祥裕, 和田章: 定着鉄筋を溶接したアンカーボルトセットを用いた層中間ピン柱脚接合部の水平力作用時の応力伝達機構と終局せん断耐力評価, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 86, No. 786, pp. 1247-1258, 2021.8	東北大学 (株) 建研	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
149	的場萌子, 木村祥裕, 田村修次: 複数回地震動を受ける上部構造物・杭基礎-液状化地盤系の遠心載荷実験による鋼管杭の累積損傷評価, 日本建築学会構造系論文集, Vol.86, No. 783, pp. 749-760, 2021.5	東北大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題1
150	Takahiro Soshi,Mitsue Nagamine,Emiko Fukuda,Ai Takeuchi,“Modeling Skin Conductance Response Time Series during Consecutive Rapid Decision-Making under Concurrent Temporal Pressure and Information Ambiguity” Brain Sciences, Vol. 11, No. 9, 1122, 2021. 8	東京工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題5
151					

(終了報告) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:東京工業大学】

領域名 大規模都市建設における日常から災害時まで安心して社会活動が継続できる技術の創出

⑩ 発表

No	発表者	タイトル	学会名等	場所	年月日	発表機関 (参画機関のみ)	発表形式	備考 (関連する研究開発課題番号等)
1	佐藤裕貴, 石田雄太郎, 坂田弘安, 高瀬裕也, 毎田悠承, 佐藤匠, 久保田雅春, 坂本啓太	既存RC建築物の耐震補強接合部におけるディスク型シヤキーの3次元FEM解析:(その1)3次元FEM解析の概要,	日本建築学会大会学術講演会	東北大学川内北キャンパス, 仙台市青葉区川内41	Sep.4-6, 2018.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
2	石田雄太郎, 坂田弘安, 高瀬裕也, 毎田悠承, 佐藤匠, 佐藤裕貴, 久保田雅春, 坂本啓太	既存RC建築物の耐震補強接合部におけるディスク型シヤキーの3次元FEM解析:(その2)解析結果と考察	日本建築学会大会学術講演会	東北大学川内北キャンパス, 仙台市青葉区川内41	Sep.4-6, 2018.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
3	佐藤匠, 中野佑太, 坂田弘安, 毎田悠承, 久保田雅春,	既存RC躯体の外周へのダンパー付き部材増設による制振補強に関する解析検討:(その1)解析概要	日本建築学会大会学術講演会	東北大学川内北キャンパス, 仙台市青葉区川内41	Sep.4-6, 2018	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
4	中野佑太, 坂田弘安, 毎田悠承, 佐藤匠, 久保田雅春,	既存RC躯体の外周へのダンパー付き部材増設による制振補強に関する解析検討:(その2)解析結果と考察	日本建築学会大会学術講演会	東北大学川内北キャンパス, 仙台市青葉区川内41	Sep.4-6, 2018	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
5	服部翼, 森貴禎, 毎田悠承, 坂田弘安, 和泉信之, 前川利雄	エネルギー吸収デバイスを用いた鉄筋コンクリート造方立壁の有効活用に関する研究:(その9)エネルギー吸収鋼部材を取り付けたRC造方立壁のFEM解析	日本建築学会大会学術講演会	東北大学川内北キャンパス, 仙台市青葉区川内41	Sep.4-6, 2018	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
6	前川利雄, 森貴禎, 毎田悠承, 坂田弘安, 和泉信之, 服部翼,	エネルギー吸収デバイスを用いた鉄筋コンクリート造方立壁の有効活用に関する研究:(その10)エネルギー吸収鋼部材付き方立壁を有するRCフレーム実験の概要及び結果	日本建築学会大会学術講演会	東北大学川内北キャンパス, 仙台市青葉区川内41	Sep.4-6, 2018	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
7	森貴禎, 毎田悠承, 坂田弘安, 和泉信之, 前川利雄, 服部翼,	エネルギー吸収デバイスを用いた鉄筋コンクリート造方立壁の有効活用に関する研究:(その11)エネルギー吸収鋼部材付き方立壁を有するRCフレーム実験の結果の考察	日本建築学会大会学術講演会	東北大学川内北キャンパス, 仙台市青葉区川内41	Sep.4-6, 2018	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
8	Yutaro Ishida, Hiroyasu Sakata, Yuya Takase, Yusuke Maeda, Masaharu Kubota, Takumi Sato,	Study on shear strength of disk shear-key under combined stress.	Workshop for Young Researchers,	東工大 すずかけ台キャンパス	Feb. 22, 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
9	石田雄太郎, 坂田弘安, 高瀬裕也, 毎田悠承, 佐藤匠, 久保田雅春,	一定引張力下におけるディスク型シヤキーのせん断耐力	2018年度(第89回)日本建築学会関東支部研究発表会	日本大学理工学部駿河台キャンパス, 千代田区神田駿河台1-8-14, 東京	Mar. 6-7, 2019	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
10	阿部日向子, 浅輪貴史:	公開空地における帰宅困難者の滞留場所としての有効活用に関する提案と検証 その1 要求項目と提案, 帰宅困難者の収容可能人数について、	日本建築学会学術講演会(東北)	東北大学川内北キャンパス, 仙台市青葉区川内41	2018.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
11	呉嘉瑞, 佐藤大樹, 菅後良之, 田村哲郎.	観測記録から同定した解析モデルによる超高層免震建物の風応答解析 その1 複数の地震応答観測記録から同定した解析モデルによる検討、	2018年度第89回日本建築学会関東支部研究発表会,	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
12	呉嘉瑞, 佐藤大樹, 菅後良之, 田村哲郎	観測記録から同定した解析モデルによる超高層免震建物の風応答解析 その2 風応答観測記録から同定した解析モデルによる検討	2018年度第89回日本建築学会関東支部研究発表会	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
13	宮本皓, 佐藤大樹, 陳引力, 余錦華	拡張等価入力外乱手法の応答・制御力評価のための新しいスペクトル	2018年度第89回日本建築学会関東支部研究発表会	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
14	宮本 皓, 佐藤大樹, 陳引力, 余錦華.	フィードバック制御を対象とした制御力予測スペクトルの提案,	2018年度第89回日本建築学会関東支部研究発表会	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
15	中村一哉, 佐藤大樹.	エネルギーの釣合に基づく主架構と履歴ダンパーの累積塑性歪エネルギー分担率の予測法	2018年度第89回日本建築学会関東支部研究発表会	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
16	岡田亮佑, 佐藤大樹, 劉錫媛	粘性ダンパーを有する制振建物のエネルギーに関する分析(その1:粘性ダンパーの性能低下を考慮した応答評価手法)	2018年度第89回日本建築学会関東支部研究発表会	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1

17	岡田亮佑, 佐藤大樹	粘性ダンパーを有する制振建物のエネルギーに関する分析(その2:粘性ダンパーのエネルギー分配の予測精度)	2018年度第89回日本建築学会関東支部研究発表会	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
18	太木本仁志, 佐藤大樹, 戸張涼太, 安永隼平	間柱型粘弾性ダンパーを組み込んだ超高層建物の長周期地震動に対する応答性状 その1 間柱型粘弾性ダンパーを設置した建物モデルの応答性状	2018年度第89回日本建築学会関東支部研究発表会	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
19	太木本仁志, 佐藤大樹, 戸張涼太, 植木卓也	間柱型粘弾性ダンパーを組み込んだ超高層建物の長周期地震動に対する応答性状 その2 間柱型粘弾性ダンパーと鋼材ブレースダンパーを併用した建物モデルの応答性状	2018年度第89回日本建築学会関東支部研究発表会	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
20	オサベル デイブ, 佐藤大樹, 笠井和彦	NUMERICAL ANALYSIS OF A FULL-SCALE VISCOELASTIC DAMPER SUBJECTED TO LONG-DURATION HARMONIC LOADING	2018年度第89回日本建築学会関東支部研究発表会	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
21	Ben Sittler, Toru Takeuchi, Ryota Matsui	Flexural Properties of Buckling-Restrained Brace Connections	The 9th International Conference on the Behavior of Steel Structures in Seismic Areas Proceedings	Christchurch, New Zealand	2018.2	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
22	Toru Takeuchi.	Buckling-Restrained Brace	History, Design and Applications	Christchurch, New Zealand	2018.2	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
23	Yu-Ki Terazawa, Ryota Matsui, Toru Takeuchi	Shake Table Testing of Steel Braced Frame Considering Member Fracture	The 9th International Conference on the Behavior of Steel Structures in Seismic Areas	Christchurch, New Zealand	2018.2	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
24	Pao Chun, Toru Takeuchi, Ryota Matsui, Ben Sittler.	Seismic Design of Buckling-Restrained Brace in Preventing Local Buckling Failure	The 9th International Conference on the Behavior of Steel Structures in Seismic Areas Proceedings,	Christchurch, New Zealand	2018.2	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
25	李熙永、水野洋輔、中村健太郎	“傾斜利用ブリルアン光相関領域反射計のダイナミックレンジ向上”	2018年日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan (OPJ2018), 1pB3	筑波大学東京キャンパス	2018年10月30日-11月2日	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題4
26	李熙永、水野洋輔、中村健太郎	“傾斜利用BOCDRIによる長距離分布測定”	電子情報通信学会2018年度第3回光ファイバ応用技術研究会(OFT)講演論文集, pp. 145-148,	東北大学電気通信研究所	2018年10月11日-10月12日	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題4
27	野田康平、韓起運、李熙永、水野洋輔、中村健太郎	“外部変調方式に基づく光相関領域分布型センサの提案”	電子情報通信学会2018年度第3回光ファイバ応用技術研究会(OFT)講演論文集, pp. 141-144,	東北大学電気通信研究所	2018年10月11日-10月12日	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題4
28	松井琢充, 染谷俊章, 古川幸, 木村祥裕	十字型鋼板を溶接したアンカーボルトによる項-RC接合部の側方破壊性状 その1 実験シリーズI(実験概要)	日本建築学会大会学術講演梗概集, pp1307-1308	東北大学	2018.9	東北大学	口頭発表	研究開発課題1
29	古川幸, 染谷俊章, 松井琢充, 木村祥裕	十字型鋼板を溶接したアンカーボルトによる項-RC接合部の側方破壊性状 その2 実験シリーズII(応力伝達機構)	日本建築学会大会学術講演梗概集, pp1309-1310	東北大学	2018.9	東北大学	口頭発表	研究開発課題1
30	Jiayi Li, Satoshi YAMADA, Shoichi Kishiki, 山崎伸介, Atsushi Watanabe, 菱和健太郎	Full-scale dynamic test of Double Concave Friction Pendulum Bearing part 1.Experiment	2018年度日本建築学会関東支部研究報告会, pp. 485-488	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1

31	Ryota Matsui, Shunji Urui, Masaki Tokunou, Toru Takeuchi.	Collapse Analysis of Steel Frames Considering Fracture of Braces and End of Beams	The 9th International Conference on the Behavior of Steel Structures in Seismic Areas Proceedings, Key Engineering Materials, Vol. 763, pp. 686–693	Christchurch, New Zealand	2018.2	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
32	Ben Sittler, Toru Takeuchi, Ryota Matsui, Pao-Chun Lin. ,	Buckling–Restrained Brace Stability Evaluation	Emprical Basis and Design Implications, 11th NCEE	Los Angeles, California	2018.7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
33	田中 晋, 李 東錫, 吉敷祥一, 山田 哲, 長谷川隆.,	水平ハンチ形状が異なる梁端接合部の繰り返し変形性能	日本建築学会関東支部 2018 年度 (第89回) 研究発表会, 2018年度日本建築学会関東支部研究報告集 1, Vol. 89, pp. 377–380	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
34	Jiaxi Li, Satoshi YAMADA, Shoichi Kishiki, 山崎伸介, Atsushi Watanabe, 菱和健太郎.	Full-scale dynamic test of Double Concave Friction Pendulum Bearing part 2.Experiment result	2018年度日本建築学会関東支部研究報告会, pp. 473–474	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
35	塚田大貴, 石田孝徳, 山田 哲	小振幅塑性変形を受ける冷間成形角形鋼管の繰り返し載荷実験	2018年度日本建築学会関東支部研究報告会, pp. 369–372,	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
36	小高弘慎, 三木徳人, 吉敷祥一, 岩田善裕, 山田 哲, 長谷川隆	スラブ付き鉄骨柱梁接合部の繰り返し載荷実験- その1 実験概要-	2018年度日本建築学会関東支部研究報告会, pp. 381–384,	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
37	馬橋聖生, 佐藤大樹	免震ダンパーの疲労損傷度と頂部平均風速の関係性に関する研究ー考慮する強風イベントのサンプル数が関係式に与える影響ー	2018年度第89回日本建築学会関東支部研究発表会, 日本建築学会関東支部研究報告集, 一般社団法人日本建築学会, I, pp. 489–492	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
38	銭曉鑫, 佐藤大樹, 馬橋聖生	風応答解析による免震ダンパーの疲労損傷評価 建物アスペクト比が疲労損傷度に与える影響,	2018年度第89回日本建築学会関東支部研究発表会, 日本建築学会関東支部研究報告集, 一般社団法人日本建築学会, I, pp. 497–500	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
39	Sachi Furukawa, Yoshihiro Kimura, Katsunori Kaneda and Akira Wada	Shear Behavior of Connection between Steel and Reinforced Concrete Members Adopting a New Column Base System Allowing the Steel Moment–Resisting Frame to Perform Beam Yielding Mechanism	8th International conference on Geotechnique, Construction Materials & Environment (GEOMATE) 2018, pp.670–676	Kualalumpur, Malaysia,	2018.11	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
40	普後良之, 佐藤大樹, 田村哲郎, 勝村章.,	高層建物に作用する層風力に対しメンテナンスバルコニーが与える影響	2018年度第89回日本建築学会関東支部研究発表会, 日本建築学会関東支部研究報告集, 一般社団法人日本建築学会, I, pp. 325–328	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
41	普後良之, 佐藤大樹, 田村哲郎, 勝村章	高層建物に作用する層風力に対しメンテナンスバルコニーが与える影響	2018年度第89回日本建築学会関東支部研究発表会, 日本建築学会関東支部研究報告集, 一般社団法人日本建築学会, I, pp. 325–328	日本大学理工学部駿河台キャンパス	Mar. 2019.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
42	Kishimoto, M. and Osaragi	ACCESSIBILITY ASSESSMENT OF EMERGENCY VEHICLES IN TOKYO METROPOLITAN AREA AFTER A LARGE EARTHQUAKE	International Society for Photogrammetry and Remote Sensing(ISPRS) Spatial Inf. Sci., XLII-4, 303–308	Riva del Garda, ITALY	2018	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題5
43	西島正人, 笠井和彦, 田中清	非線形粘性ダンパーをもつ制振構造の架構の塑性化を考慮した応答制御設計法 その1 等価1 質点系の時刻歴応答解析による制振設計法	日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 II, pp.379–380	東北大学	2018.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1

44	田中清, 笠井和彦, 西島正人	非線形粘性ダンパーをもつ制振構造の架構の塑性化を考慮した応答制御設計法 その2 柔らかい低層鉄骨架構に対する制振設計例,	日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造Ⅱ, pp.381-382	東北大学	2018.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題2
45	笠井和彦, 森隆浩, 正木信男, 室田伸夫	速度依存構成則を活用した新たな変位依存解析モデル化の手法 -高減衰ゴム変位履歴積分型解析モデルなどの例-	日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造Ⅱ, pp.899-900	東北大学	2018.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題2
46	Yu-ki Terasawa, Toru Takeuchi, . ()	Elasto-plastic Damper Optimization Routine for Lattice Tower Based on Generalized Response Spectrum Anaysis	IASS2018	Barcelona, Spain	Jul. 2018	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
47	新田 肇	JST産学協創プラットフォーム共同研究プログラム(OPERA)	光ファイバセンシング振興協会第9回シンポジウム	東京工業大学	2017/10/30	東京工業大学	口頭発表	コンソーシアム活動
48	Tianyi Ma, Heeyoung Lee, Yosuke Mizuno, Kentaro Nakamura	Slope-assisted BOCDR using special silica fiber with low bending loss	第65回応用物理学会春季学術講演会	早稲田大学	2018/3/17	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題4
49	萩原園子, 河智仁, 水野洋輔, 中村健太郎	プラスチック光ファイバ中のモード間干渉を用いた歪センシング: 歪が部分的に印加されたときの挙動解析	第65回応用物理学会春季学術講演会	早稲田大学	2018/3/17	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題4
50	宮内 楓, 田口 泰地, 石川 洋介, 伊藤 浩之, 益 一哉, 石原昇	RFバックスキヤタリングによる低電力ワイヤレスセンサ端末モジュールの試作評価結果	2018年 電子情報通信学会総合大会	東京電通大学	2018/3/20	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題4
51	藤岡寛朗, 仲田章太郎, 吉数祥一	ターンバックルの締め直しによる被災後補修 その1 プレースの性能回復	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
52	櫻田頌吾, 異信彦, 吉数祥一, 山田哲, 石田孝徳, 上瀬敬太	鉄骨骨組に取り付けられた乾式間仕切り壁の繰り返し載荷実験 その3 開口部付き偏心壁の挙動	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題3
53	異信彦, 櫻田頌吾, 吉数祥一, 山田哲, 石田孝徳, 上瀬敬太	鉄骨骨組に取り付けられた乾式間仕切り壁の繰り返し載荷実験 その2 平坦な壁の挙動	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題3
54	岡田雄吉, 渡辺英一, Anisa Jasmine Apriyadi, 異信彦, 吉数祥一	打ち込み紙の基礎的な性能と構造部材への影響 その1 引き抜き試験による基礎的な検討	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
55	鈴木 翔, 黒澤未来, 吉数祥一, 異信彦, 佐藤 秋雄, 中島 一浩, 川邊 裕一, 清家剛	金属工事におけるボルト接合部に関する実験 その1 実験概要	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学 東京大学	口頭発表	研究開発課題1
56	青柳智, 村田佳優, 吉数祥一, 川畑友弥, 中込忠男, 三井和也, 下川弘海, 石井匠, 一戸康生	梁端接合部におけるスケール効果検証実験 その2 部材寸法のスケール効果	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
57	仲田章太郎, 藤岡寛朗, 吉数祥一	ターンバックルの締め直しによる被災後補修 その2 プレース変形時に生じる付加応力	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
58	鄭 皓文, 劉 雨辰, 吉数祥一, 多賀謙蔵	スプリットティの剛性・耐力に及ぼすカバープレートの影響 その2 実験結果	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
59	櫻田頌吾, 異信彦, 吉数祥一, 山田哲, 石田孝徳, 上瀬敬太	鉄骨骨組に取り付けられた乾式間仕切り壁の繰り返し載荷実験 その3 開口部付き偏心壁の挙動	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題3
60	澤田真彦, 馬場拓也, 多賀謙蔵, 田中剛, 吉数祥一, 鄭 皓文, 竹島徹, 梅本優也	耐震性と柱梁母材の再利用性に配慮した鋼構造無溶接接合システムその3: 塑性化スプリットティの繰り返し載荷試験	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学 神戸大学	口頭発表	研究開発課題1
61	川畑友弥, 村田佳優, 青柳智, 吉数祥一, 中込忠男	梁端接合部におけるスケール効果検証実験 その4 破壊力学的考察	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題2
62	劉 雨辰, 鄭 皓文, 吉数祥一, 多賀謙蔵	スプリットティの剛性・耐力に及ぼすカバープレートの影響 その1 実験計画	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
63	Zasiah Tafneem, Md. Shafuil Islam, Debasish Sen, Hamood Alwashedi, Matsutaro Seki, Masaki Maeda	Evaluation of Seismic Capacity and Expected Damage of RC Buildings in Bangladesh Part 2: Correlation between Seismic capacity and Damage level	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東北大学	口頭発表	研究開発課題1
64	小池拓矢, 西田智康, 鈴木裕介, 前田匡樹, 藤原薫, 清原俊彦	RC 造ト形柱梁接合部の構造性能に接合部補強筋及び変動軸力が及ぼす影響 その5 圧縮軸力比の小さな領域に対する実験概要及び結果	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東北大学	口頭発表	研究開発課題1
65	西田智康, 小池拓矢, 鈴木裕介, 前田匡樹, 藤原薫, 迫田文志	RC 造ト形柱梁接合部の構造性能に接合部補強筋及び変動軸力が及ぼす影響 その6 破壊性状、構造性能及び評価指標の検討	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東北大学 ニューテック研究会	口頭発表	研究開発課題1
66	増子寛, 熊谷太希, 小笠原純香, 青木浩幸, 前田匡樹	木質ラーメン架構を対象とした接着剤とドリフトピンを併用した鋼板挿入型柱梁接合部の構造性能に関する実験的研究 その1 構造フレームの提案と実験概要	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東北大学	口頭発表	研究開発課題1
67	Md. Shafuil Islam, Zasiah Tafneem, Debasish Sen, Hamood Alwashedi, Matsutaro Seki, Masaki Maeda	Evaluation of Seismic Capacity and Expected Damage of RC Buildings in Bangladesh Part 1: Study on characteristics of existing RC buildings in Bangladesh	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東北大学	口頭発表	研究開発課題1
68	半沢守, 孫福瑛, 前田匡樹, Hamood Alwashedi, 相澤直之, 佐藤真俊	地震により損傷を受けた鉄筋コンクリート造耐震壁の残存耐震性能に関する研究 その12 直交壁付き耐震壁についての静的載荷実験結果	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東北大学	口頭発表	研究開発課題1

69	廣瀬智治, 佐藤睦月, 古川幸, 木村祥裕	ずれ止め付きコンクリート充填鋼管杭頭部の終局軸圧縮耐力 – その1 数値解析による応力伝達機構の解明	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東北大学	口頭発表	研究開発課題1
70	的場萌子, 田村修次, 木村祥裕	液状化地盤において動座屈崩壊する鋼管杭の損傷時せん断力の把握	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東北大学	口頭発表	研究開発課題1
71	齋藤智哉, 佐藤睦月, 的場萌子, 廣瀬智治, 木村祥裕	引張軸力を受ける杭頭部コンクリート充填鋼管杭の正負交番載荷実験	第54回地震工学研究会	シニックスティール(埼玉)	2019.7.16	東北大学	口頭発表	研究開発課題1
72	田村直樹, 安藤素子, 古川幸, 木村祥裕	連層柱を付与した層中間ピン柱脚骨組の修正D値法による必要曲げ耐力の予測 その2 地震応答解析結果の予測	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東北大学	口頭発表	研究開発課題1
73	三浦耕太, 藤田起章, 田畑佑, Hamood Alwashali, 前田匡樹	連層耐震壁を有するRC 造建物の残存耐震性能評価法に関する研究 その1 RC 造4 層建物縮小試験体の振動台実験計画と静的荷重増分解析結果	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東北大学 榊大林組	口頭発表	研究開発課題1
74	藤田起章, 田畑佑, 三浦耕太, Hamood Alwashali, 前田匡樹	連層耐震壁を有するRC 造建物の残存耐震性能評価法に関する研究 その2 部材の変形性能を考慮した残存耐震性能評価法の提案とRC 造4 層建物縮小試験体への適用	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東北大学 榊大林組	口頭発表	研究開発課題1
75	小原拓, 河野進, David Mukai	アンボンドPCaPC造壁を方立壁に適用した実大鉄筋コンクリート造建物モデルの解析的検討	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
76	西村康志郎, 大和由佳, 柏尚稔, 千野舜介, 河野進, 杉山太宏	2016年熊本地震による東海大学阿蘇キャンパス1号館の被害調査, その3 桁行方向の柱の傾斜	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題5
77	Naresh Subedi, Wijeyewickrema, A. C., Susumu Kono	Review of Recent Advances in Seismic Analysis of Reinforced Concrete Buildings Considering Soil–Pile–Structure Interaction Seventh ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering	(COMPDYN)	ギリシャ	2019.6	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
78	Susumu Kono, Ryo Kuwabara, Fuhito Kitamura, Eko Yuniarsyah, Hidekazu Watanabe, Tomohisa Mukai, David Jiro Mukai	Resiliency of Reinforced Concrete Buildings – Japanese efforts and struggles – 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON EARTHQUAKE ENGINEERING AND POST DISASTER RECONSTRUCTION PLANNING(2019.4)	2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON EARTHQUAKE ENGINEERING AND POST DISASTER RECONSTRUCTION	ネパール	2019.4.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
79	Susumu Kono, Ryo Kuwabara, Fuhito Kitamura, Eko Yuniarsyah, Hidekazu Watanabe, Tomohisa Mukai, David Jiro Mukai	Consideration of Resiliency in Reinforced Concrete Buildings	2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON EARTHQUAKE ENGINEERING AND POST DISASTER RECONSTRUCTION	ネパール	2019.4.	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
80	Keita Kotaki, Takanori Ishida, Randy Tenderan, Shoichi Kishiki, Satoshi Yamada	Experimental Study on Full Scale Moment Resisting Frame Subjected to Multiple Set of Cyclic Loading Histories	The 10th International Symposium on Steel Structures	韓国、済州島	2019.11	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
81	Yuta Kibishi, Satoshi Yamada, Yuko Shimada, Takanori Ishida, Hiroumi Shimokawa, Satoshi Aoyagi	Experimental Study of Corner Joint of High-Performance Steel Fabricated by Submerged Arc Welding	The 10th International Symposium on Steel Structures	韓国、済州島	2019.11	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
82	Satoshi Yamada, Dong-Seok Lee, Yu Jiao, Takanori Ishida, Shoichi Kishiki	A Concise Hysteresis Model of High Performance 590MPa Steel Grade Considering the Bauschinger Effect	The 10th International Symposium on Steel Structures	韓国、済州島	2019.11	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
83	山田 哲, 上瀧 敬太, 石田 孝徳, テンデラン ランディ, 清家 剛, 吉敷 祥一, 長谷川 隆, 伊山 潤, 八木 尚太郎, 櫻田 頌吾	多数回の地震動を想定した実大鉄骨骨組の実験 その1 試験体概要	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学 東京大学	口頭発表	研究開発課題1
84	菅原 惇, 上瀧 敬太, 石田 孝徳, テンデラン ランディ, 山田 哲, 清家 剛, 吉敷 祥一, 長谷川 隆, 伊山潤, 巽 信彦	多数回の地震動を想定した実大鉄骨骨組の実験 その3 試験結果 その1	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学 東京大学	口頭発表	研究開発課題1
85	石原直, 沖佐典, 吉敷祥一, 元結正次郎	両端ピン支持の梁でモデル化された間仕切壁の面外方向地震力に関する一考察	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
86	高橋和久, 金子健作, 元結正次郎	超高層RC造建物の塑性率に応じた地震用TMDの最適同調比の推定	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
87	笠井和彦, 渡井一樹, 佐藤大樹, 前田周作, 鈴木庸介, 岡日出夫	建築物のさらなる超高層化に向けた曲げせん断モデル化手法の提案 その1 等価質点系モデル化の既往手法と提案手法の概要	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
88	上野史也, 渡井一樹, 佐藤大樹, 笠井和彦, 佐分利和宏, 前田達彦, 増田寛之	既存超高層建築物の大振幅地震動に対する制振改修 その2 オイルダンパーによる制振改修	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
89	Xiaoxin QIAN, Daiki SATO, Sei MABASHI	Effects of Building Aspect Ratio on Fatigue Damage of Steel Dampers Installed in Base-isolated High-rise Buildings	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
90	Dave M Osabel, Daiki Sato, Kazuhiko Kasai	Study of Full-Scale Multi-Layered Viscoelastic Dampers under Long-Duration Harmonic Loading (Part 3: Characteristics of a Viscoelastic Damper under Different Loading Conditions)	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1

91	寺澤友貴,中島舜,竹内徹,小河利行,山崎義弘,坂田弘安	接合部回転剛性を考慮した木鋼ハイブリッドラチスシェルの弾性座屈荷重 その3 接合部の面内方向の回転剛性を考慮した弾性座屈荷重の評価手法	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
92	石田雄太郎,坂田弘安,高瀬裕也,毎田悠承,佐藤匠,久保田雅春	ディスク型シャキーのみを用いた増設スラブの接合性能 その2 実験結果と考察	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学 飛鳥建設㈱	口頭発表	研究開発課題1
93	前川利雄,益田一毅,佐藤裕貴,坂田弘安,毎田悠承,服部翼	ヒンジ位置保証型RC梁の力学的挙動に付着除去が与える影響に関する研究 その1 実験概要	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学 ㈱熊谷組	口頭発表	研究開発課題1
94	大川 峻,中野佑太,坂田弘安,佐藤匠,原田脩平,毎田悠承,久保田雅春	既存鉄筋コンクリート架構の外付け耐震補強部への方柱型ダンパーの適用に関する研究 その3 曲げ降伏型の部分架構実験概要	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学 飛鳥建設㈱	口頭発表	研究開発課題1
95	佐藤裕貴,益田一毅,坂田弘安,前川利雄,毎田悠承,服部翼	ヒンジ位置保証型RC梁の力学的挙動に付着除去が与える影響に関する研究 その4 FEM解析	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学 飛鳥建設㈱	口頭発表	研究開発課題1
96	中西理,神田健吾,山崎義弘,坂田弘安	繰り返し載荷を受ける木造耐力壁の耐力およびエネルギー吸収性能の劣化挙動に関する実験研究 その1: 静的フンドム載荷実験と振動台実験	日本建築学会大会	金沢工業大学	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
97	水野洋輔,中村健太郎	プラスチック光ファイバを用いた分布計測技術	電子情報通信学会 2019年ソサイエティ大会	金沢工業大学	2019/7/11	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題4
98	野田康平,李熙永,水野洋輔,中村健太郎	光ファイバを用いた分布型歪センサにおける新たな光周波数変調法の提案	日本機械学会第31回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム	東京電通大学	2019/7/11	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題4
99	Bedrinana L.A.,Tani M.,Kono S.,Nishiyama M.	Seismic behavior of unbonded post-tensioned precast concrete walls with internal and external dampers	The 17th World Conference on Earthquake Engineering	仙台(Web)	2020/9/17	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
100	Thusoo S.,Kono S.,Hamada J.,Asai Y.,Mukai D.	Experimental investigation of hollow precast steel-encased concrete piles	The 17th World Conference on Earthquake Engineering	仙台(Web)	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
101	Benyoucef A.,Rinaldi R.,Obara T.,Kono S.,Mukai D.	Damage evaluation of RC beams with high strength transverse steel reinforcement	The 17th World Conference on Earthquake Engineering	仙台(Web)	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
102	Obara T.,Egawa M.,Thusoo S.,Kono S.,Miyahara K.,Mukai D.	Experimental study on shear behavior of hollow precast steel-encased high-strength spun concrete piles	The 17th World Conference on Earthquake Engineering	仙台(Web)	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
103	Kono S.,Mukai T.,Kobayashi K.,Kaneko O.,Kishida S.,Komuro T.,Obara T.,Mukai D.	Japanese recent experimental studies on ultimate behavior of concrete piles and pile caps	The 17th World Conference on Earthquake Engineering	仙台(Web)	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
104	Oktiovan Y.P.,Otaki T.,Obara T.,Kono S.,Asai Y.,Kobayashi K.,Watanabe H.,Mukai T.,Mukai D.	Analysis on shear failure of PHC piles under different levels of axial load ratios	The 17th World Conference on Earthquake Engineering	仙台(Web)	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
105	D. Sato, K. Watai, F. Ueno, K. Kasai, K. Saburi, T. Maeda, H. Masuda	DESIGN METHOD FOR EXISTING TALL BUILDINGS USING OIL DAMPERS AND BRACES WITH DISPLACEMENT GAP	The 17th World Conference on Earthquake Engineering	仙台(Web)	2019.9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
106	B.Sitler, T.Takeuchi	Reducing residual drift with multistage buckling-restrained braces	The 17th World Conference on Earthquake Engineering	仙台(Web)	2020/9/17	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
107	P.C.Lin, T.Takeuchi	Seismic Performance of damped-outtrigger system incorporating buckling-restrained braces	The 17th World Conference on Earthquake Engineering	仙台(Web)	2020/9/17	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
108	Y.Terazawa, T.Takeuchi, Miho Fujishima	BRB design optimization for a large arena structure based on Generalized Response Spectrum Analysis	The 17th World Conference on Earthquake Engineering	仙台(Web)	2020/9/17	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
109	D.Nair, B.Sitler, Y.Terazawa, T.Takeuchi	Seismic Response Characteristics of long-span domes: Roof-substructure interaction	The 17th World Conference on Earthquake Engineering	仙台(Web)	2020/9/17	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
110	古川佳純,小原拓,河野進,宮原清,Thusoo S.,Mukai D.	SC杭の軸圧縮性状に関する実験的研究	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
111	木戸裕貴,小原拓,河野進,向井智久	実大五層鉄筋コンクリート造建物におけるMSモデルを用いた繰り返し非線形解析	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
112	植村一貴,小原拓,河野進,柴山淳	PC鋼材の緊張力に着目したアンボンドPCaPC造壁の曲げ耐力に関する実験的研究	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
113	小原拓,Subedi N.,阿部紗也加,Thusoo S.,河野進,平尾一樹,今井康幸,Mukai D.	軸力を受ける鋼管コンクリート杭のせん断終局耐力に関する実験的研究	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
114	福田健,河野進,小原拓,小林勝巳,土佐内優介,新井寿昭,郡司康浩	パイルキャップの支圧に関する要素試験	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学 株式会社フジタ 戸田建設株式会社 西松建設株式会社	口頭発表	研究開発課題1
115	土佐内優介,中野凌,成瀬俊佑,河野進,小原拓,小林勝巳,郡司康浩,新井寿昭,福田健	支圧効果を考慮した杭頭接合部の曲げ挙動に関する検討	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学 株式会社フジタ 戸田建設株式会社 西松建設株式会社	口頭発表	研究開発課題1
116	伊縫旺真,小原拓,河野進,MUKAI David Jiro	アンボンドプレストレストコンクリート梁の耐震性能に関する解析的研究	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
117	吉敷祥一,藤岡寛朗,巽信彦,本田信一	軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁の地震時損傷抑制に関する研究 その19 張り出し材の弾性剛性と最大耐力	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題3
118	藤岡寛朗,巽信彦,吉敷祥一,本田信一	軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁の地震時損傷抑制に関する研究 その18 張り出し材の実験計画	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題3
119	山田哲,JIAXI LI,吉敷祥一,山崎伸介,渡辺厚,袁和健太郎	免震構造用球面摩擦滑り支承の実大動的2方向載荷実験 その1 実験の概要	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学 日鉄エンジニアリング株式会社	口頭発表	研究開発課題1
120	山崎伸介,渡辺厚,西本晃治,山田哲,JIAXI LI,吉敷祥一	球面すべり支承(SSB)の2方向挙動の検討(略算値および精算値と実験結果の対応)	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学 日鉄エンジニアリング株式会社	口頭発表	研究開発課題1
121	JIAXI LI,山田哲,吉敷祥一,山崎伸介,渡辺厚,袁和健太郎	免震構造用球面摩擦滑り支承の実大動的2方向載荷実験 その2 実験結果	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学 日鉄エンジニアリング株式会社	口頭発表	研究開発課題1

122	岡田雄吉, 付翔, 吉敷祥一, 巽信彦, 渡辺英一, 飯島孝幸, 長谷部優, 大和征良, 高橋宗臣	軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁の地震時損傷制御に関する研究 その15ランナーとスラブの接合部に関する実験計画	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
123	平本佳祐, 黒澤未来, 巽信彦, 吉敷祥一, 長谷川隆	接合部に普通ボルトを用いたブレース架構の層間変形に関する実験 その2 実験結果	日本建築学会関東支部大会	Web	2021/3/2	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
124	裴 葵, 黒澤未来, 巽信彦, 吉敷祥一, 長谷川隆	山形鋼, 薄形鋼, CT形鋼を用いたブレース接合部の最大耐力	日本建築学会関東支部大会	Web	2021/3/2	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
125	黒澤未来, 平本佳祐, 巽信彦, 吉敷祥一, 長谷川隆	接合部に普通ボルトを用いたブレース架構の層間変形に関する実験 その1 実験計画	日本建築学会関東支部大会	Web	2021/3/2	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
126	中村健太郎	汎用空中超音波センサ素子による近距離センシングの試み	日本音響学会2020年秋季研究発表会	Web	2020/9/9	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題4
127	玉田俊介, ドンヤン, 石田孝徳, 吉敷祥一, 山田哲, 長谷川隆	Cyclic Behavior of SHS Columns Subjected to Small Amplitude Loading Part 3 Evaluation of cyclic deformation capacity	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
128	山田哲也, 江頭寛, 川島学, 大圖友梨子, 吉敷祥一, 巽信彦	座屈拘束部材を応力制限機構として用いた損傷制御型トラス梁の構造実験 その7 横補剛特性に関する座屈解析	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学三井住友建設株式会社	口頭発表	研究開発課題1
129	八木尚太郎, 清家剛, 山田哲, 石田孝徳, 吉敷祥一, 伊山潤, 三浦謙二, 上瀬敬太, 芝村朋宏, 中川椋太郎	鉄骨骨組に取り付けた窓と扉を含む ALC 外壁の大変形時まで再現した実大載荷実験 その1 実験概要及び無開口面の挙動と損傷	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学東京大学	口頭発表	研究開発課題3
130	江頭寛, 石川裕貴, 吉敷祥一, 巽信彦, 川島学, 山田哲也, 大圖友梨子	座屈拘束部材を応力制限機構として用いた損傷制御型トラス梁の構造実験 その4 トラス形状と弦材断面の違いによる考察	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学三井住友建設株式会社	口頭発表	研究開発課題1
131	ドンヤン, 玉田俊介, 石田孝徳, 吉敷祥一, 山田哲, 長谷川隆	Cyclic Behavior of SHS Columns Subjected to Small Amplitude Loading Part 2 Investigation of strength deterioration behavior due to local buckling	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
132	石川裕貴, 吉敷祥一, 巽信彦, 江頭寛, 川島学, 山田哲也, 大圖友梨子	座屈拘束部材を応力制限機構として用いた損傷制御型トラス梁の構造実験 その6 座屈拘束部材直上の曲げモーメント	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学三井住友建設株式会社	口頭発表	研究開発課題1
133	田中陽樹, 寺澤友貴, 石橋洋二, 竹内徹	400m級の超高層ビルに対する外殻制振構造の適用 その4 一般化応答スペクトル解析法に基づく最適なスリット高さとオイルダンパー容量分布	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
134	浅井智樹, 佐野航, 寺澤友貴, 竹内徹	一般化応答スペクトル解析法を用いた免震建物の地震応答評価 - その2 下部構造に制振部材を有する中間層免震・屋根免震ドームの設計 -	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
135	藤原淳, 竹内徹, 寺澤友貴, 岸澤竜之介, 西川幸希, 山下哲郎, 西村康志郎, 梶原徹太, 小西克尚, 緒貫雄太	鉄骨置き屋根支承部の縮小切り出し模型の振動台実験 その2: 支承部に作用する水平荷重の計測方法の比較検討	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
136	Nair Deepshikha, 藤島美穂, 寺澤友貴, 森雄志, 竹内徹	一般化応答スペクトル解析法に基づく大空間構造物の座屈拘束ブレース最適設計 - その1 解析モデルとBRBの最適容量分布	日本建築学会	Web	2020/9/8	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
137	小笠原絢香, 厚澤瑛人, Ahmad Ghazi Aljuhmani, 前田匡樹, Hamood Alwashali, Alex Shegay	CLT パネルのせん断耐力・剛性に開口が及ぼす影響に関する研究 その1 研究の目的と実験計画	日本建築学会	Web	2020/9/8	東北大学	口頭発表	研究開発課題3
138	加川大樹, 西田智康, 鈴木裕介, 前田匡樹, 小池拓夫, 清原俊彦	高変動軸力下で接合部降伏が生じるRC造架構の崩壊挙動と構造性能評価 その1 実験概要及び結果	日本建築学会	Web	2020/9/8	東北大学	口頭発表	研究開発課題1
139	西田智康, 加川大樹, 鈴木裕介, 前田匡樹, 藤原薫, 迫田文志	高変動軸力下で接合部降伏が生じるRC造架構の崩壊挙動と構造性能評価 その2 崩壊挙動の分析及び評価	日本建築学会	Web	2020/9/8	東北大学ニューテック研究会	口頭発表	研究開発課題1
140	前田匡樹, 藤田起章, 田畑佑, 三浦耕太, Alex Shegay, Hamood Alwashali, 関松太郎	連層耐震壁を有するRC造4層建物縮小試験体の振動台実験による被災度評価と応答予測 その1 研究の位置づけと実験計画の概要	日本建築学会	Web	2020/9/8	東北大学株式会社大林組	口頭発表	研究開発課題1
141	Alex Shegay, 藤田起章, 田畑佑, 三浦耕太, 前田匡樹, Hamood Alwashali, 関松太郎	連層耐震壁を有するRC造4層建物縮小試験体の振動台実験による被災度評価と応答予測 その2 実験結果概要	日本建築学会	Web	2020/9/8	東北大学株式会社大林組	口頭発表	研究開発課題1
142	三浦耕太, 藤田起章, 田畑佑, Alex Shegay, 前田匡樹, Hamood Alwashali, 関松太郎	連層耐震壁を有するRC造4層建物縮小試験体の振動台実験による被災度評価と応答予測 その3 架構の安全限界と破壊形式の評価	日本建築学会	Web	2020/9/8	株式会社大林組東北大学	口頭発表	研究開発課題1
143	楊 曉雨, 吉敷祥一	支圧強度の評価方法が異なる場合の露出柱脚の終局耐力	鋼構造シンポジウム	Web	2021/11/18	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
144	Liu Yuchen, 仲田章太郎, 吉敷祥一, 西澤淳	柱と梁が平面的に斜めに接合される柱梁接合部の実験	鋼構造シンポジウム	Web	2021/11/18	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
145	平本佳祐, 黒澤未来, 巽信彦, 吉敷祥一, 長谷川隆	ボルト接合部のすべりに着目したブレース架構の実験	鋼構造シンポジウム	Web	2021/11/18	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題3
146	黒澤未来, 吉敷祥一	金属パネルを用いた外壁システムの実大載荷実験	鋼構造シンポジウム	Web	2021/11/18	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題3
147	Dong Yang, 石田孝徳, 吉敷祥一, 山田哲, 長谷川隆	小振幅繰返し荷重を受ける角形鋼管柱の低サイクル疲労性能	鋼構造シンポジウム	Web	2021/11/18	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
148	宮田悠理, 巽信彦, 吉敷祥一	床スラブ付き小梁端接合部の回転剛性の向上	鋼構造シンポジウム	Web	2021/11/18	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
149	三浦耕太, Alex Shegay, 参川朗, 藤田起章, 前田匡樹, 穴吹拓也, 増田安彦, 栗田康平, 関松太郎	RC 造4 層縮小架構の振動台実験による補修補強建物の性能評価 その1 実験計画の概要と常時微動測定による補修補強効果の確認	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	大林組(株)東北大学	口頭発表	研究開発課題1
150	参川朗, Alex Shegay, 藤田起章, 前田匡樹, 米澤健次, 諏訪仁, 三浦耕太, 関松太郎	RC 造4 層縮小架構の振動台実験による補修補強建物の性能評価 その2 X 方向の実験結果概要	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東北大学大林組(株)	口頭発表	研究開発課題1
151	Alex Shegay, 参川朗, 藤田起章, 前田匡樹, 米澤健次, 諏訪仁, 三浦耕太, 関松太郎	RC 造4 層縮小架構の振動台実験による補修補強建物の性能評価 その3 補修によるX 方向の架構全体の耐震性能回復の検討	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東北大学大林組(株)	口頭発表	研究開発課題1

152	穴吹拓也, 三浦耕太, 増田安彦, 栗田康平, 前田匡樹, Alex Shegay, 参川朗, 藤田起床	RC造4層縮小架構の振動台実験による補修補強建物の性能評価 その4 Y方向耐震壁の挙動	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東北大学 大林組(株)	口頭発表	研究開発課題1
153	穴吹拓也, 三浦耕太, 増田安彦, 栗田康平, 前田匡樹, Alex Shegay, 参川朗, 藤田起床	連層耐震壁を有するRC造4層建物縮小試験体の振動台実験による被災度評価と応答予測 その6 事前FEM解析モデルの精度検証	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東北大学 大林組(株)	口頭発表	研究開発課題1
154	西村康志郎, 藤田起章, Alex Shegay, 参川朗, 田附遼太, 前田匡樹, 吉敷 祥一	非構造部材を有する実大RC造架構の静的載荷実験 その1 研究の位置づけと実験計画の概要	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学 東北大学 長谷エコーポレーション(株)	口頭発表	研究開発課題1、3
155	西村康志郎, 藤田起章, Alex Shegay, 参川朗, 田附遼太, 前田匡樹, 吉敷 祥一	非構造部材を有する実大RC造架構の静的載荷実験 その2 RC構造躯体の実験結果	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学 東北大学 長谷エコーポレーション(株)	口頭発表	研究開発課題1
156	西村康志郎, 藤田起章, Alex Shegay, 参川朗, 田附遼太, 前田匡樹, 吉敷 祥一	非構造部材を有する実大RC造架構の静的載荷実験 その3 タイル仕上げの実験結果	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学 東北大学 東京大学 長谷エコーポレーション(株)	口頭発表	研究開発課題3
157	八木尚太郎, 清家剛, 巽信彦, 磯田充樹, 吉敷祥一, 前田匡樹, 西村康志郎	非構造部材を有する実大RC造架構の静的載荷実験 その4: LGS壁と鋼製ドアの損傷の目視観察結果	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学 東北大学 東京大学	口頭発表	研究開発課題3
158	清家剛, 八木尚太郎, 巽信彦, 磯田充樹, 吉敷祥一, 前田匡樹, 西村康志郎	非構造部材を有する実大RC造架構の静的載荷実験 その5: 鋼製ドアの機能の確認結果	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京大学 東京工業大学 東北大学	口頭発表	研究開発課題1
159	本田信一, 巽信彦, 磯田充樹, 八木尚太郎, 吉敷祥一, 清家剛, 前田匡樹, 西村康志郎	非構造部材を有する実大RC造架構の静的載荷実験 その6 LGS壁と鋼製ドアの挙動	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京大学 東京工業大学 東北大学	口頭発表	研究開発課題3
160	藤田起章, Alex Shegay, 参川朗, 前田匡樹, 田附遼太, 平田証明, 西村康志郎, 吉敷 祥一	非構造部材を有する実大RC造架構の静的載荷実験 その7 非構造部材の損傷から構造部材の損傷度を推定する方法の提案とその検証	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	長谷エコーポレーション(株) 東京工業大学 東北大学	口頭発表	研究開発課題1、3
161	原甲己, 西村康志郎, 伊山潤, 八木尚太郎, 福島佳浩, 宮崎祥太, 吉敷祥一, 前田匡樹	非構造部材を有する実大RC造架構の静的載荷実験 (その8: 加速度センサを用いた計測結果)	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京大学 東京工業大学 東北大学	口頭発表	研究開発課題1
162	陳引力, 佐藤大樹, 宮本皓, 余錦華	免震層の非線形性を考慮したアクティブ制御系の等価モデルの構築と設計手法 その2: 等価モデルの精度検証および応答スペクトルを用いた設計手法の提案	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
163	Jing Li, Daiki Sato	Effect of Viscous Damping of Isolation Layer on Period Ratio Between Superstructure and Seismic Isolation Layer	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
164	戸張涼太, 佐藤大樹	非線形粘弾性ダンパーを有する制振構造のエネルギー応答予測	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
165	奥田翔平, 佐藤大樹, Osabel Dave	長時間加振時における実大複層粘弾性ダンパーの動的特性変化の簡易予測	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
166	澤侑弥, 佐藤大樹, 戸張涼太, 吉永光寿, 安永阜平, 金城陽介	履歴ダンパーを有する超高層制振建物における骨組特性値と等価減衰定数による制振性能評価	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学 JFEシビル(株)	口頭発表	研究開発課題1
167	添田幸平, 佐藤大樹	粘性ダンパーと履歴ダンパーを併用配置した超高層鋼構造建物の後揺れに関する研究	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
168	永考光恵, 佐藤大樹, 鈴木一徳	建設系大学院生を対象とした地震時における高層建築の安全・安心に関するワークショップ(その5: Web会議システムを用いたグループワークの全容)	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題5
169	鈴木一徳, 佐藤大樹, 永考光恵	建設系大学院生を対象とした地震時における高層建築の安全・安心に関するワークショップ(その6: 回答の共起ネットワーク分析)	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題5
170	宮本皓, 陳引力, 佐藤大樹, 余錦華	免震層の非線形性を考慮したアクティブ制御系の等価モデルの構築と設計手法 (その1: 等価線形化モデルの構築)	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
171	間山佳寿美, 加藤万梨香, 吉敷祥一, 小林俊夫, 荒井智一, 下氏亮介	剛な天井を構成する接合部材の力学挙動 その3 実験結果(野縁方向)	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
172	加藤万梨香, 吉敷祥一, 間山佳寿美, 小林俊夫, 荒井智一, 下氏亮介	剛な天井を構成する接合部材の力学挙動 その4 実験結果(野縁受け方向)	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
173	劉家, 永考光恵, 小坂宏之, 吉敷祥一, 伊山潤, 福島佳浩	地震の揺れと継続時間予測情報に対する心理生理的反応の関係性に及ぼす影響	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学 東京大学 戸田建設(株)	口頭発表	研究開発課題5
174	氏家公貴, 平野一郎, 黒澤未来, 吉敷祥一	建築設備機器における吊りボルトの低サイクル疲労性能 その1: 繰返し載荷実験の概要	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
175	萱場淳利, 付翔, 吉敷祥一, 巽信彦, 新田互, 宮田英憲, 本田信一	軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁の地震時損傷抑制に関する研究 その23 面内変形に対する耐震性能評価実験(実験結果)	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題3
176	吉敷祥一, 磯田充樹, 沖佑典, 巽信彦, 石原直	軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁の地震時損傷抑制に関する研究 その25 面内/面外載荷実験(1)	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題3

177	Jiayi Li, Shoichi Kishiki, Satoshi Yamada, 山崎伸介, Atsushi Watanabe, Kohji Nishimoto	Comparison of Analysis and Experimental Results of DCFP Bearings under Bidirectional Excitations	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学 東京大学 日鉄エンジニアリング(株)	口頭発表	研究開発課題1
178	陳俊霖, 鄭皓文, Shoichi Kishiki, Nobuhiko Tatsumi, Takanori Ishida, Atsushi Watanabe	Cyclic loading test of U-shaped steel damper with complicated loading history Part 1 Experimental result	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学 日鉄エンジニアリング(株)	口頭発表	研究開発課題1
179	鄭皓文, 陳俊霖, Shoichi Kishiki, Nobuhiko Tatsumi, Takanori Ishida, Atsushi Watanabe	Cyclic loading test of U-shaped steel damper with complicated loading history Part 2 Evaluation of cumulative damage	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学 日鉄エンジニアリング(株)	口頭発表	研究開発課題1
180	Takanori Ishida, Yang Dong, Kazumasa Mogi, Shoichi Kishiki, Satoshi Yamada, Takashi Hasegawa	Low Cycle Fatigue Performance of SHS Columns Subjected to Small Amplitude Loading Part 1 Test plan and summary of test results	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学 東京大学	口頭発表	研究開発課題1
181	市橋啓太, 寺澤友貴, Nair Deepshikha, 竹内徹	支持架構の高次モード応答を考慮した中大規模ラチスドームの地震応答評価	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
182	小室翔吾, 齊藤瞭, 原田公明, 寺澤友貴, 水谷美和, 重松瑞樹, 山崎義弘, 林賢一, 坂田弘安, 竹内徹	両側フランジをラグスクリューで固定したドッグボーン付き木鋼ハイブリッド柱梁接合部の変形性能 その2 有限要素法を用いた標準接合部の変形性能評価	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
183	新美敦也, 西川幸希, 寺澤友貴, 竹内徹, 藤原淳, 岸田明子, 小西克尚, 山下哲郎, 西村康志郎	鉄骨置き屋根支承部の縮小切り出し模型の振動台実験 - その6 応答評価法の妥当性検証 -	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
184	浅井智樹, 寺澤友貴, 竹内徹	1次モード減衰比に着目した線形粘性ダンパー付複層アウトリガー構造の最適応答制御 その2 地震応答と最適設計手法	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
185	岸田明子, 藤原淳, 寺澤友貴, 竹内徹, 西村康志郎, 山下哲郎, 小西克尚, 岸澤竜之介, 西川幸希, 梶原僚太	鉄骨置き屋根支承部の縮小切り出し模型の振動台実験 その4: RC片持架構を下部構造とする振動台実験の結果	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
186	市橋啓太, 寺澤友貴, Nair Deepshikha, 竹内徹	支持架構の高次モード応答を考慮した中大規模ラチスドームの地震応答評価	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
187	田中陽樹, 浅井智樹, 寺澤友貴, 竹内徹	1次モード減衰比に着目した線形粘性ダンパー付複層アウトリガー構造の最適応答制御 その1 数値解析モデルと固有振動特性	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
188	岸田明子, 藤原淳, 寺澤友貴, 竹内徹, 西村康志郎, 山下哲郎, 小西克尚, 岸澤竜之介, 西川幸希, 梶原僚太	鉄骨置き屋根支承部の縮小切り出し模型の振動台実験 その4: RC片持架構を下部構造とする振動台実験の結果	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題1
189	有岡孝祐, 中村健太郎	光ファイバ分布型音響センサによる画像認識技術に応用した地震検知の検討	応用物理学会第65回光波センシング技術研究会講演会	Web	2021/7/13	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題4
190	野田康平, 李 ひよん, 中村健太郎, 水野洋輔	光相関領域反射計によるストークスパラメータの分布測定法	応用物理学会第65回光波センシング技術研究会講演会	Web	2021/7/13	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題4
191	河村優介, 沖拓弥	大規模ターミナル駅構内の空間特性が探索歩行時の視線行動や迷いやすさに及ぼす影響 —Googleストリートビューを用いた探索歩行実験を例に—	人間・環境学会第28回大会	Web	2021/5/29	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題5
192	陳聖隆, 沖拓弥, 小川芳樹	インスタンスセグメンテーションによるパノラマ画像からの建物 抽出: 建物築構推定への応用	日本建築学会大会	Web	2021/9/7	東京工業大学	口頭発表	研究開発課題5
193	田頭まき, 大佛俊泰, 羽田優太, 伊山潤, 福島佳浩	センサを用いた廊下における歩行者数の推定	地理情報システム学会	Web	2021/10/30	東京工業大学、東大	ポスター発表	研究開発課題5

(終了報告) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:東京工業大学】

領域:大規模都市建設における日常から災害時まで安心して社会活動が継続できる技術の創出

⑪ 受賞

No	受賞名	主催(表彰団体名)	受賞者氏名	受賞者所属機関	受賞年月	備考 (関連する研究開発課題番号等)
1	2020年第13回免震構造・制振構造に関わる優秀修士論文賞	日本免震構造協会	平島裕大	東京工業大学	2021.06.30	研究開発課題1
2	2021年日本建築学会賞(論文)	日本建築学会	鍵 直樹	東京工業大学	2021.04.19	研究開発課題5
3	日本コンクリート工学会年次大会 年次論文奨励賞	日本コンクリート工学会	藤田 起章	東北大学	2021.07.07	研究開発課題1
4	17 WCEE Early Career and Student Award	世界地震工学会 (World Conference on Earthquake Engineering)	Hamood Al-Washali	東北大学	2021.09.27	研究開発課題1
5	17 WCEE Early Career and Student Award	世界地震工学会 (World Conference on Earthquake Engineering)	Haowen Zheng	東京工業大学	2021.09.27	研究開発課題1
6	日本免震構造協会優秀修士論文賞	日本免震構造協会	友枝勝登	東京工業大学(竹内研)	2019.4	研究開発課題1
7	2019年度日本建築学会優秀修士論文賞	日本建築学会	小泉光市	東京工業大学(竹内研)	2019.6	研究開発課題1
8	2019年度日本建築学会大会(北陸)学術講演会 構造部門(鉄骨構造)若手優秀発表賞	日本建築学会	黒澤未来	東京工業大学(吉敷研)	2019.11	研究開発課題1
9	鋼構造シンポジウム2019優秀発表賞を受賞	一般社団法人日本鋼構造協会	櫻田頌吾	東京工業大学(吉敷研)	2019.11	研究開発課題1
10	鋼構造シンポジウム2019優秀発表賞を受賞	一般社団法人日本鋼構造協会	巽信彦	東京工業大学(吉敷研)	2019.11	研究開発課題1
11	鋼構造シンポジウム2019優秀発表賞を受賞	一般社団法人日本鋼構造協会	石川裕貴	東京工業大学(吉敷研)	2019.11	研究開発課題1
12	鋼構造シンポジウム2019優秀発表賞を受賞	一般社団法人日本鋼構造協会	仲田章太郎	東京工業大学(吉敷研)	2019.11	研究開発課題1
13	鋼構造シンポジウム2019優秀発表賞を受賞	一般社団法人日本鋼構造協会	アブリヤーディアニサジャスミン	東京工業大学(吉敷研)	2019.11	研究開発課題1
14	APOS 2019 OSA Student Prize	米国光学会 (OSA)	野田康平	東京工業大学(中村研)	2019.7	研究開発課題4
15	CIOP2019Best Poster Award	11th International Conference on Information Optics and	馬天一	東京工業大学(中村研)	2019.11	研究開発課題4
16	電子情報通信学会学生ポスター奨励賞優秀賞	電子情報通信学会 光ファイバ応用技術(OFT)研究会	野田康平	東京工業大学(中村研)	2019.5	研究開発課題4
17	電子情報通信学会学生ポスター奨励賞優秀賞	電子情報通信学会 光ファイバ応用技術(OFT)研究会	馬天一	東京工業大学(中村研)	2019.5	研究開発課題4
18	日本建築学会著作賞	日本建築学会	竹内 徹 坂田弘安	東京工業大学	2019.5	研究開発課題1
19	日本コンクリート工学会東北支部年次大会論文奨励賞	日本コンクリート工学会	Shafiul Islam	東北大学	2019.7	研究開発課題1
20	光ファイバ応用技術研究会学生ポスター奨励賞	光ファイバ応用技術研究会	李熙永	東京工業大学	2018.10月	研究開発課題4
21	日本建築学会 2018年(第29回)優秀修士論文賞	日本建築学会	森貴禎	東京工業大学(株)熊谷組	2018年7月	研究開発課題1
22	(一社)建築研究振興協会 優秀若手構造研究者表彰(コンクリート系)	日本建築振興協会	石田雄太郎	東京工業大学、飛島建設(株)	2019年1月	研究開発課題1
23	国際シェル・空間構造学会IASS: Hangai Prize	国際シェル・空間構造学会	寺澤友貴	東京工業大学	2018年、6月	研究開発課題1

24	日本鋼構造協会第26回鋼構造シンポジウム優秀講演賞(2018年度)	日本鋼構造協会	的場 萌子	東北大学	2018年11月	研究開発課題1
25	Best Paper Award of 8th International conference on Geotechnique, Construction Materials & Enviroment 2018, Kuala Lumpur, Malaysia	Geomate International Society	的場 萌子 木村 祥裕	東北大学	2018年11月	研究開発課題1
26	Best Paper Award of 8th International conference on Geotechnique, Construction Materials & Enviroment 2018, Kuala Lumpur, Malaysia	Geomate International Society	宮本 皓	東京工業大学	2019年3月	研究開発課題1
27	Best Oral Presentation Award, ISPRS Technical Commission IV Symposium 2018	ISPRS Technical Commission	岸本 まき	東京工業大学	2018年10月	研究開発課題5
28	日本鋼構造協会 論文	日本鋼構造協会	仲田 章太郎 古敷 祥一	東京工業大学	2020.11	研究開発課題1
29	鋼構造シンポジウム2020/アカデミーセッション優秀発表表彰	日本鋼構造協会	付 翔	東京工業大学	2020.11	研究開発課題1
30	鋼構造シンポジウム2020/アカデミーセッション優秀発表表彰	日本鋼構造協会	黒澤未来	東京工業大学	2020.11	研究開発課題1
31	鋼構造シンポジウム2020/アカデミーセッション優秀発表表彰	日本鋼構造協会	加藤万梨香	東京工業大学	2020.11	研究開発課題1
32	鋼構造シンポジウム2020/アカデミーセッション優秀発表表彰	日本鋼構造協会	藤岡寛朗	東京工業大学	2020.11	研究開発課題1
33	日本地震工学会大会優秀発表賞	日本地震工学会	毎田悠承	東京工業大学	2020.12	研究開発課題1
34	日本建築学会賞(論文)	日本建築学会	西村康史郎	東京工業大学	2020.8	研究開発課題1
35	東工大挑戦の研究賞	東京工業大学	沖 拓弥	東京工業大学	2020.8	研究開発課題5
36	日本建築学会奨励賞	日本建築学会	寺澤 友貴	東京工業大学	2020.6	研究開発課題1
37	日本建築学会優秀卒業論文賞	日本建築学会	奥田翔平	東京工業大学	2020.7	研究開発課題1
38	日本鋼構造協会第28回鋼構造シンポジウム優秀講演賞	日本鋼構造協会	古川 秀	東北大学	2020.11	研究開発課題1
39	光ファイバ応用技術研究会学生ポスター奨励賞	電子情報通信学会 光ファイバ応用技術研究会	元石直樹	東京工業大学	2020.1	研究開発課題4
40	手島精一記念研究賞(発明賞)	東京工業大学	笠井和彦	東京工業大学	2021.3	研究開発課題2
41	鋼構造シンポジウム2021/優秀発表賞	日本鋼構造協会	鄭 皓文	東京工業大学	2021.11	研究開発課題4
42	17WCEE Early Career and student award	17th World Conference on Earthquake engineering	鄭 皓文	東京工業大学	2021.1	研究開発課題1
43	日本建築学会若手優秀発表賞	日本建築学会	仲田 章太郎	東京工業大学	2020.1	研究開発課題3
44	2021年度 日本建築学会シェール・空間構造運営委員会 若手優秀発表賞	日本建築学会	Deepshikha Nair	東京工業大学	2021.3	研究開発課題2

7 社会実装に向けたロードマップ

東京工業大学すずかけ台キャンパス J2/J3 棟を活用した「超高層ビルの高密度センシングによる健全性モニタリング」の実装に向けた試行実験

プロジェクト終了後に目指すべき1つの成果は、「超高層ビルの高密度センシングによる健全性モニタリング」の実現である。この成果に向け、既に長期間の地震・台風時の観測システムが導入されている東京工業大学すずかけ台キャンパスにある20階建ての超高層建築物であるJ2/J3棟（図7-1）を対象とし、研究開発課題1、3、4、5で得られた研究成果の実装へと検討を進める。具体的には、

[1] 研究開発課題1の成果を反映した構造部材の健全性モニタリング（多様化や高密度化）

[2] 研究開発課題3にて進めている非構造部材のモニタリング

[3] 研究開発課題4、5にて進めている滞在者の動き、情報伝達方法

を実装するための問題抽出、システム構築について検討を進める。[1]、[2]の実装により多角的に健全性を把握し、[3]の実装により、滞在者の建築物内での分布を把握して、即座に情報を共有できるシステムを構築し、不安の軽減を図る。これらの研究を中長期的に継続し、可能な範囲で現状の観測システムとの統合・拡張を進める。



図 7-1 20 階建 J2/3 棟

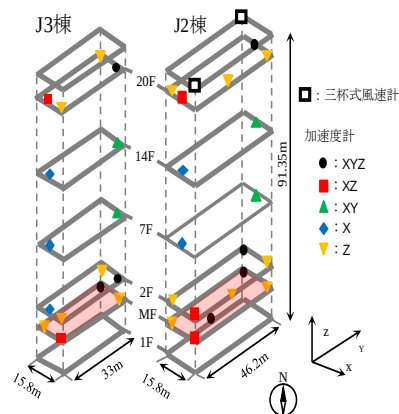


図 7-2 加速度計の設置位置



図 7-3 非構造部材の計測

最終年度（2021 年度）の段階では、研究開発課題1の成果を反映するため、J2 棟/J3 棟における加速度計の同期、および統合を進めている（図 7-2）。また、研究開発課題3にて進めている非構造部材のモニタリングの具体的な適用として、中間階に相当する7階と最上階20階の居室において、システム天井、および軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁（LGS 壁）それぞれの加速度について常時観測を開始した（図 7-3）。実建築物における非構造部材（天井、LGS 壁）の常時観測は、世界初の試みであり、これまでの研究開発の大きな成果の一つである。

一方、研究開発課題4、5にて進めている滞在者の動き、情報伝達方法については、萌芽的側面があるため、基礎データの取得に専念する。特に居住者の動き、滞在者の建築物内での分布を把握するため、昨年度から実施している低層建築物である東京工業大学緑が丘キャンパス1号館での実測を継続し、2～3年後を目標にアルゴリズムの完成を目指し、その後、すずかけ台キャンパスの高層建築物であるJ2/J3棟へと展開する。

8 領域統括によるプロジェクト総括と今後の展望

領域統括によるプロジェクト総括

本プロジェクトでは、主たる研究領域である建築分野における活動としては、

[1]最先端の耐震技術である制振・免震技術を軸とした発展

[2]これまで国際的にも遅れを取っている非構造部材の耐震化研究

がある。特に[2]については、経年劣化のファクターを取り入れて天井の耐震性能を検討したこと、軽量鉄骨下地間仕切り壁（LGS 壁）の体系的な実験・解析研究の実施と民間企業との連携によって耐震性能を整理し、耐震設計・施工に関するガイドラインを策定したこと、が特徴である。さらに[1][2]が連動して、外壁タイルと構造躯体における損傷関係の把握、構造躯体に取り付けられた LGS 壁や鋼製ドアの性能評価を共通の目的とした大型実験を成功させた。

以上の“安全”に関する研究開発に加え、電気電子分野、心理学といった異分野との協働から“安心”に繋がる研究にも取り組んだ。具体的には、[3]構造・非構造部材の変形、天井材の経年劣化の程度を、それぞれ簡易なセンサを用いて把握する研究を実施した。また、[4]地震時にヒトが感じる不安感を心理・生理反応として把握し、それらを軽減する情報提供の方法、および情報の効果的な提示方法について検討した。これらは萌芽的な側面があるものの、例えば、揺れの継続時間が不安感を軽減するのに効果的であることを心理・生理反応から実証することに成功している。今後は、揺れの大きさ、方向と不安感の関係を明らかにして、耐震設計におけるターゲットにするなど、耐震工学分野において発展の余地のある研究開発課題を開拓できた。

また、非構造部材に対する詳細な計測より得た結果を活かし、実在する超高層建築物においてシステム天井、および軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁（LGS 壁）、それぞれの加速度について常時観測を開始した。実建築物における非構造部材（天井、LGS 壁）の常時観測は、世界初の試みであり、これまでの研究開発の大きな成果の一つである。

最後に、本プロジェクトに採択される以前の建築構造における共同研究は、平均 100 万円/年が一般的であった。本プロジェクトでは、構造、非構造といった縦割りの研究実施ではなく、電気電子や心理学を交えた“安全・安心”を目指す研究の魅力が業界にも伝わり、合計 40 社以上から各社年間 300 万円以上の共同研究が集結して研究プロジェクトを推進することができた。建築分野における共同研究の活性化という点で、非常に重要かつ貴重な研究プロジェクトであったと自負している。

今後の展望

本プロジェクトにより、今後の研究発展に大きく寄与するであろう、大きな 2 つの箱への道標ができた。

1 つ目の箱は、高精度・高密度モニタリングを搭載した超高層建築物である。これには従来の構造部材の観測に留まらず、非構造部材の実地震動下における実建築物内での挙動を観測でき、また滞在者の動き、建築物内での分布、および、それらの滞在者への情報伝達方法を検証できる場が提供される点に特徴がある。近年は観測データを非公開とする建築物が多い中、知の発信を司る大学が先頭に立って観測データを広く公開することで、V&V（Verification & Validation：検証と妥当性確認）を含めた耐震技術の発展に寄与できる可能性を大いに秘めている。

2 つ目の箱は、実大加力実験施設である。これについては、「5.5.2 最終目標に対する成果の詳細」に記述したように、完成の時期等について現時点では未確定な部分が多いが、本プロジェクトで検討してきた成果の一部は活かされることが大いに期待できる。都市部に林立する超高層建築物の重量を支える、最下層の柱の強度検証が実験的になされていないという事実は、決して人々に安心を与えるものではない。実大部材を実速度、実変形で破壊までの性能を検証できる実大加力実験施設の実現は、耐震設計における性能の外挿を排除するという工学的意義のみならず、「構造部材におけるスケール効果の解明」という学術的意義をもつ。また、我が国の技術を集結した実大加力実験施設は、実験施設としての見本（標準）となり得る可能性を秘めている。さらに、実大加力実験施設を活用することにより、これまでも世界をリードしてきた制振部材や免震部材の研究開発を加速度的に実施できることに加え、種々の依存性を有する構造部材に対する実験方法論についても国際標準化をリードするための武器となり得るものである。

以上より、将来的に我が国の耐震技術を大きく発展させる箱が完成した時、その道標をつくっ

た本プロジェクトの研究成果が再評価されることを大いに期待し、今後も 2 つの箱の実現に向けてコンソーシアムが一体となって研究開発活動を継続していきたいと考えている。

9 特殊用語等の説明

用語	説明
構造体	建築物において、重力や地震、風と言った外力に抵抗する機能を有する、柱、梁、筋違いなどの部材によって構成される骨組部分。免震部材や制振部材も含まれる。
主要構造	構造体のうち、重力を支えるのに必要な部位。一般に柱と梁によって構成される。
非構造部材	天井や間仕切り壁、窓ガラスなどの、建物の機能を実現するための部材。力を伝達するための構造部材に対して、基本的に力の伝達に寄与しないことから、非構造部材と呼ばれる。
免震構造	建物の上部と下部の間に、上下方向には剛強ではあるが水平方向には柔軟な「免震層」を挟むことで、建物上部の地震による揺れを低減する構造形式。病院など重要施設で採用されることが多くなってきた。
制振構造	建物内部に地震による揺れを吸収する「ダンパー」を設置し、重力を支える骨組が地震によって損傷することを防ぐとともに、地震による揺れを低減させる構造形式。近年では、高さ 60m 以上の超高層建築のほとんどで採用されている。
超高層建築	高さ 60m 以上の高層建築であり、建築基準法で定義されている。
免震支承	免震構造を支える部材。重力に対しては剛に支えるが、水平方向にはしなやかに変形することで、地震による水平方向の揺れをなるべく建物上部に伝えないようにする。
免震・制振ダンパー	免震構造、制振構造において、地震のエネルギーを吸収するために設置される部材。
層間変形角	建物が地震力を受けて水平方向に変形する場合に、各階の床の下階の床に対する相対的な水平変形量を「層間変形」と呼び、その値を「階高」で割った値を「層間変形角」と呼ぶ。層間変形角は、建物各階の歪度合いを表しており、地震時における建物の損傷を評価するうえで重要な指標。建築基準法では、想定した地震力に対して層間変形角が 1/200 以上になるように設計することを要請している。
LiDAR センサ (Light Detection and Ranging)	パルス状に発光するレーザー照射を利用し、遠方にある対象までの距離や性質を分析するセンサ。
TOF (Time of Flight) 方式センサ	レーザーが対象まで往復するのにかかる時間から距離を計測し、対象を立体的に捉えるセンサ。
SFRC (Steel Fiber Reinforced Concrete)	鋼繊維補強コンクリートの事。鋼繊維がコンクリート内に均等に分散していることで、ひび割れ幅を小さく抑えることが可能となる。

FEM (Finite Element Method)	有限要素法の事で、微分方程式を近似的に解くための数値解析法。建築分野では、一般的な構造解析を示すこともある。
LGS (Light Gauge Steel)	軽量鉄骨の事で、LGS を使用して天井まで柱を立てる事を軽天工事と呼ぶ。
卓越振動数	地震動の数ある波形の中で、建物に大きな影響を与える振動数
QAM (Quadrature amplitude modulation)	互いに独立な 2 つの搬送波（すなわち同相 (in-phase) 搬送波及び直角位相 (quadrature) 搬送波）の振幅を変更・調整することによってデータを伝達する変調方式
インパルスインターバル無線通信回路	インパルス波を送信する極短時間のタイミング以外は回路を休止状態にすることで、超低消費電力動作を行う無線通信回路技術。
バックスキタリング	アンテナにつながる負荷のインピーダンスを制御することによって、反射波を変調して無線通信を行う技術